22102081581

Med
K12610

Digitized by the Internet Archive
in 2016

https://archive.org/details/b28078044

DIE GESETZE

DES

ENERGIEVERBRAUCHS

BEI DER

ERNÄHRUNG.

VON

PROF. DR. MAX RUBNER

GEHEIMER MEDICINALRATH,

DIRECTOR DER HYGIENISCHEN INSTITUTE DER UNIVERSITÄT ZU BERLIN.

LEIPZIG UND WIEN.

FRANZ DEUTICKE.

1902.

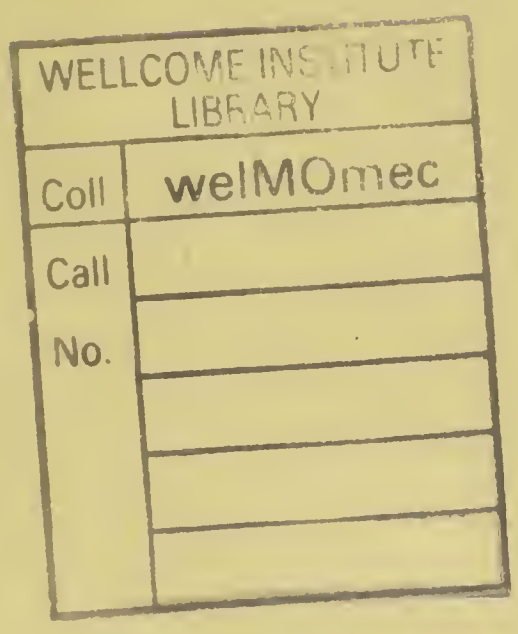
METABOLISM, Texts : 20 cent

~~DFXD. C (2)~~

GM1025

WELLCOME HISTORICAL MEDICAL LIBRARY

WELLCOME INSTITUTE LIBRARY
Coll welMOmec
Call No.



Verlags-Nr. 827.

K. u. k. Hofbuchdruckerei Carl Fromme in Wien.

Vorwort.

Das Interesse an den Fragen der Ernährung ist in den beiden letzten Jahrzehnten ohne Zweifel ein viel weitergehendes geworden und namentlich hat die praktische Verwerthung der wissenschaftlichen Ergebnisse einen breiten Kreis von Anhängern gefunden. Aber es ist auch sicher, dass für viele Fragen, die im praktischen Leben herantreten, und mit denen sich namentlich Arzt und Hygieniker zu befassen haben, das nöthige Fundament fehlt, ohne welches man zu sehr auf ungesicherte Näherungsbefunde sich zu stützen gezwungen ist.

Die nachfolgenden Untersuchungen wollen diesem Mangel nach vielen Richtungen abhelfen, aber zugleich den theoretischen Anschauungen ein neues Fundament bieten. Sie stützen sich dabei auf ein sehr grosses Material eigener Beobachtungen, die, wie sich aus deren Fülle von selbst ergibt, die Frucht einer vieljährigen Arbeit sind. Neben Manchem, was ich zur Ergänzung einiger vorläufiger Mittheilungen aus dem Jahre 1885, welche sich auf die im physiologischen Institut zu München angestellten Versuche beziehen, nachzutragen habe, sind die nachfolgenden Untersuchungen die Ergebnisse von Experimenten, die ich seit dem Jahre 1886 in meinen Laboratorien zu Marburg und Berlin angestellt habe, die aber bisher grösstentheils gar nicht, zum kleinsten Theile bruchstückweise zur Veröffentlichung gelangt sind.

Die Durchführung der Arbeiten ist materiell durch Zuwendung aus den Mitteln der *Bose*-Stiftung gefördert worden, ohne welche überhaupt die nöthigen Einrichtungen nicht hätten beschafft werden können. An der Ausführung der Experimente hat sich seinerzeit zu Marburg der so frühzeitig dahingegangene Professor Dr. *E. Cramer*, an den Versuchen zu Berlin Dr. *Wolpert*, *Spitta* und *Kuschel* betheiligt, denen ich für ihre Beihilfe zu bestem Danke verpflichtet bin. Im Laufe der 16 Jahre, die seit der Inangriffnahme dieser Fragen verflossen sind, haben sich zum Theile die energetischen Anschauungen mehr und mehr eingebürgert, andererseits sind auch manche falsche Wege eingeschlagen und irrige Nutzanwendungen gezogen worden, zu deren Richtigstellung meine Darlegungen beitragen werden.

Wenn ich seit so sehr langer Zeit auf die Weiterführung mancher naheliegender Fragen auf diesem Gebiete verzichtete, so sind dafür im

Wesentlichen meine persönlichen Verhältnisse maassgebend gewesen, die durch die Fülle anderer Pflichten die nöthige Musse zum Experimentiren jahrelang unterbanden.

Aus dem gleichen Grunde sind manche Einwände, die da und dort gegen die Ergebnisse meiner Untersuchungen erhoben worden sind, unbeantwortet geblieben, und inzwischen zum Theile vergessen oder anderweitig zurückgewiesen worden. Ich werde mich betreffs der Discussion von Streitfragen nur auf das Unvermeidlichste beschränken, wozu umsomehr Veranlassung vorliegt, als meine Experimente auf anderem Wege als bisher üblich war, die Entscheidungen von Fragen suchen, und ihre Ergebnisse zugleich die Kritik anderer Auffassungen und irriger Behauptungen ohneweiters in sich schliessen.

Diese Arbeiten energetischer Richtung geben die einheitlichen Gesichtspunkte wieder, die ich zuerst Anfang der Achtzigerjahre, zur Zeit, als man der rein stofflichen Auffassung zuneigte, ausgesprochen habe.

Im Grossen und Ganzen ist die Darstellung eine fast historische, insoferne als sie in grossen Zügen den Weg schildert, den meine Untersuchungen genommen haben. Durchgehends sind nur die energetischen Resultate einer Besprechung unterzogen. Ich möchte indes schon hier bemerken, dass ich damit die Erwägungen rein stofflicher Art für keineswegs nebensächlich hinstellen möchte. Ich stimme hierin durchaus mit den Gesichtspunkten überein, die *C. Voit* des Oefteren dargelegt hat; es wird sich zeigen, dass beide Betrachtungsweisen jede innerhalb ihres Rahmens wichtig und nothwendig, und richtiger gesagt, untrennbar sind.

Ich hoffe, dass die Ergebnisse für die praktischen Ziele der Ernährung und im Dienste der diätetischen Heilmethoden ihren Zweck erreichen werden, wenn schon zunächst den theoretischen Fragen naturgemäss ein gewisses Uebergewicht eingeräumt werden musste.

Berlin, im Juli 1902.

Der Verfasser.

Inhalt.

	Seite
Vorwort	III
I. Capitel. Einleitung	1
II. Capitel. Ueber einige Standardzahlen für calorimetrische Zwecke	14
III. Capitel. Ueber die Beziehungen zwischen der Menge der Nahrungszufuhr und dem Energieverbrauch	36
IV. Capitel. Specifisch-dynamische Wirkungen der Nahrungsstoffe	70
V. Capitel. Variationen des Ueberschusses	83
VI. Capitel. Wirkungen der Kost bei verschiedenen Wärmezuständen der Umgebung auf Ansatz und Umsatz	95
VII. Capitel. Die Compensationstheorie der Nahrungswirkung	125
VIII. Capitel. Wärmeregulation beim hungernden Thier. Die Menge der regulatorisch einsparbaren Wärme	129
IX. Capitel. Vergleich zwischen der regulatorisch einsparbaren Wärme und der durch Nahrungsaufnahme bedingten Mehrung des Energieumsatzes	145
X. Capitel. Die Nahrungszufuhr kann die chemische Regulation theilweise oder ganz aufheben	152
XI. Capitel. Chemische Regulation bei gefütterten Thieren und niederen Temperaturen. Einwirkung der Lufttemperatur auf die Eiweisszersetzung	163
XII. Capitel. Chemische und physikalische Wärmeregulation in ihrer Bedeutung für den Energieumsatz der Thiere wechselnder Grösse und wechselnden Alters	174
XIII. Capitel. Ueber den Mechanismus der Wärmeregulation im Zustande der Ernährung und Nahrungsentziehung	183
XIV. Capitel. Betrachtungen über die Wärmeregulation des Menschen	198
XV. Capitel. Aenderungen des Energieumsatzes bei längerer Zufuhr von Nahrung. Der Eiweissansatz	242
XVI. Capitel. Beziehungen zwischen Energieverbrauch, Eiweissansatz und Eiweissverlust	265
XVII. Capitel. Versuche über den Kraftwechsel bei 33° Luftwärme und verschiedener Ernährung	315
XVIII. Capitel. Die specifisch-dynamische Wirkung der Nahrungsstoffe und deren Gemische in absoluter Zahl	327
XIX. Capitel. Die Ursache der dynamischen Nahrungswirkung	356
XX. Capitel. Nahrungsgemische und Betrachtungen über gemischte Kost und Nahrungsmittel des Menschen	408

WELLCOME HISTORICAL MEDICAL LIBRARY

ACCESSION NUMBER

306471

PRESS MARK

I. Capitel.

Einleitung.

Die wesentlichste Aufgabe der Forschung liegt in der Verfolgung der Naturerscheinungen in solchem Umfange, dass es gelingt, aus der Vielheit der Ereignisse einheitliche Gesetze abzuleiten. Die Ernährungsvorgänge sind nicht selten ein Gegenstand eingehender kritischer Betrachtung und mannigfacher Theorien gewesen, ohne dass es bisher gelungen wäre, eine vollkommen befriedigende Erklärung der Thatsachen zu geben.

Im Allgemeinen erstrebt eine solche Theorie die gesetzmässigen Beziehungen für den Verbrauch der einzelnen Nahrungsstoffe festzustellen. Unter diesen aber nehmen die organischen Nahrungsstoffe eine so dominirende Stellung ein, dass man die Aufklärung des gesetzmässigen Verlaufes zwischen Zufuhr und Verbrauch der organischen Nahrungsstoffe als den wesentlichen Theil aller Ernährungstheorien angesehen hat und noch ansieht.

Die Theorie der Ernährungsbilanz ist vorläufig immer noch das nächst zu erstrebende Ziel, wenn wir uns auch der Hoffnung nicht entschlagen können, einst über diese enge Grenze hinaus, die Gesammternährung in die einzelnen Vorgänge, welche in den Organen ablaufen, und in die Wechselbeziehungen der Ernährung der Organe untereinander aufzulösen und mit Hilfe der Ergebnisse der Arbeiten der physiologischen Chemie durch concrete Reactionen dem Verständnisse näher zu bringen. Mag nur auch dieses Ideal erst in ferner Zeit verwirklicht werden, durch gemeinsame Arbeit der verschiedenartigen physiologischen Methodik, so können wir doch das eine anerkennen, dass sich auch, wenn wir nur eine Theorie der Ernährungsbilanzen als das Nächstliegende zu geben versuchen, im Laufe der letzten Jahrzehnte nicht unwesentliche Aenderungen in den Anschauungen vollzogen haben.

Im Allgemeinen hat man früher sich bemüht, zur Erklärung der Ernährungsvorgänge nur die Quantitätsänderungen in den Stoffen heranzuziehen und deren verschiedene chemische Natur für das Wesen der Vorgänge verantwortlich zu machen. Aber so wichtig es ist, diese den Mengenwirkungen der Stoffe entsprechenden Thatsachen festzustellen und den einzelnen Stoffen in ihrem Wechsel im Organismus

nachzugehen, ebenso gewiss ist es nach meiner Auffassung unmöglich, nur in dieser engeren Begrenzung das Studium der Ernährung für ausreichend zu halten. Die consequente Verfolgung des Eiweissumsatzes, des Fett- und Kohlehydratumsatzes hat zur Erkenntnis wichtiger Beziehungen für den Eiweissbedarf, wie auch hinsichtlich der Verbrennlichkeit der einzelnen Stoffe im Thierkörper geführt, aber im Ganzen doch zu keiner Verschmelzung der Ernährungswerthe der drei Haupttypen der organischen Nahrungsstoffe, noch weniger aber zu einer Definition des Nahrungsbedarfes unter verschiedenen Umständen.

Ich halte es für unzulänglich, sich auf diese Erkenntnis des empirisch gefundenen Stoffumsatzes allein zu beschränken, und diesen Weg eines ausschliesslich stofflichen Studiums zu einer weiteren Erklärung der Gesetze der Ernährung für unzureichend.

Die mit den chemischen Umsetzungen einhergehenden physikalischen Erscheinungen sind, wie ich zuerst bewiesen habe, für biologische Fragen so wichtiger Natur, dass sie ebenbürtig neben den stofflichen Vorgängen mit in Betracht gezogen werden müssen. Die Ernährungsvorgänge sind chemische Processe einer ganz beschränkten Anzahl organischer Verbindungen mit dem Protoplasma, aber innerhalb des beschränkten Gebietes dieser chemischen Reaction besitzen die energetischen Vorgänge eine ungeheuere Bedeutung.

Und so müssen wir versuchen, in diese complicirten Getriebe vorzudringen, indem wir die verschiedenen Eigenthümlichkeiten der Nahrungsstoffe und Körperstoffe zu verfolgen versuchen. Wird auch die Beobachtung der Bilanzen das Vordringen in das Wesen der inneren Lebensprocesse immer nur in bescheidener Weise fördern können, so wird sich doch zeigen lassen, dass man dieser Beihilfe für die Auffassung von den Lebensprocessen nicht entrathen kann, und dass die Dienste des Energieumsatzes nicht so unwesentlich sein werden, als manche meinen.

Die energetische Betrachtung allein vermag uns erst über den vollen Umfang der gegenseitigen Beziehungen der Stoffe über die Möglichkeit compensatorischer Wirkungen, über den wichtigen Begriff des Gesammtstoffwechsels als eine für das Individuum wesentliche Einheit aufzuklären.

Derjenige Forscher, welcher zuerst neben der chemischen Betrachtung der Umsetzungen im Thierkörper auch die physikalische Seite in Betracht gezogen hat, war *Lavoisier*. Im Wesentlichen dienten seine Betrachtungen zur Begründung der Lehre von der Quelle der thierischen Wärme als Product der chemischen Umwandlungen; die Wärme stammt aus der eigenartigen Verbrennung der Nahrungsstoffe in feuchtem Zustande durch die Zellen.

Die Aeusserungen *Lavoisier's*, kann man heute sagen, waren mehr divinatorischer Art, als wirklich beweisender Natur. Denn zu dem Beweise, dass alle Wärme wirklich nur aus den umgesetzten Stoffen stamme, fehlten die unbedingt nothwendigen Voraussetzungen und

die eingehende thermochemische Basis, sowie die näheren biologischen Erfahrungen über die Art der Wärmeentwickelung und namentlich die Kenntnisse von den Beziehungen der Kräfte zu einander, die erst durch *R. Meyer* und *Helmholtz* richtig erkannt wurden.

Zu dem Beweise, dass beim Thiere thatsächlich die abgegebene Wärme quantitativ sich mit den Umsetzungen deckt, dazu bedurfte es einer Fülle von Arbeit, die nahezu ein volles Jahrhundert in Anspruch nahm. Wie sich diese Entwickelung allmählich, Glied an Glied gereiht vollzogen hat, um diesen Fundamentalsatz zu beweisen, habe ich an anderer Stelle auseinander gesetzt. Die Beweisführung[1]) des Gesetzes der Erhaltung der Kraft im Thierkörper die mir, so weit unsere Methoden an Genauigkeit reichen, zuerst gelungen ist, liefern die sichere Basis für weitere thermische Betrachtungen.

Das Gesetz der Erhaltung der Kraft im Thierkörper gibt uns die Gewissheit, dass wir mit unseren Methoden d. h. mit der Bestimmung des Stoffwechsels zugleich erfahren können, wie viele Kräfte im Körper frei gemacht werden, dass wir also wahlweise uns der directen calorimetrischen Messung wie der chemischen Methode bedienen können.

Die calorimetrische Methodik wird aber stets neben der Messung des Stoffwechsels ihr Recht behaupten, denn es gibt verwickelte Vorgänge, für welche die Controle der Umsetzungen auf chemischem Wege mehr oder minder ungenau sein muss oder doch der Führung und Erläuterung durch den calorimetrischen Versuch bedarf.

Die energetische Auffassung der Ernährungsvorgänge, von der ich im Weiteren handeln will, hat zwar den Beweis der Erhaltung der Kraft im Thierkörper als Voraussetzung, steht aber mit dieser Thatsache selbst in keinem weiteren und nothwendigen Zusammenhange, noch ist sie damit gleichbedeutend.

Die energetische Auffassung der Ernährungsvorgänge erfordert den biologischen Beweis, dass der Organismus für seine Aufgaben durch gleiche Kräftemengen eine gleiche Befriedigung findet und dass der Thierkörper in seinen Organisationseinrichtungen auf energetische Principien gegründet ist.

Mit dem Gesetze der Erhaltung der Kraft würde es gar nicht im geringsten im Widerspruche stehen, wenn auch der Organismus unter Verwendung der Nahrungsstoffe in bestimmten, vielleicht chemisch aufklärbaren Reactionen zwischen Protoplasma und Nahrungsstoffen seine Ernährung regelte, wie man dies z. B. nach den Untersuchungen von *Pettenkofer* und *Voit*, hatte sogar annehmen müssen; der Kraftwechsel würde dann ein Bild gegeben haben, in welchem die Zwecke des Organismus bald mit diesem bald mit jenem Energieaufwand erzielt worden wäre, aber getreu dem Gesetze der Erhaltung der Kraft, in der Weise, dass Einnahmen und Ausgaben und Kraftaufspeicherung oder -Abgabe im Gleichgewichte standen.

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. Bd. XXX, p. 73.

Das Wesen einer energetischen Auffassung des Stoffwechsels beruht auf ganz anderen Voraussetzungen.

Die energetische Auffassung der Ernährungsvorgänge liegt nicht darin begründet, dass man einmal angefangen hat, die Nahrungsstoffe nach Calorien umzurechnen, sondern in der Erkenntnis und dem Nachweis, dass der Organismus der Thiere mit den Kraftwerthen der Nahrungsstoffe und der Körperstoffe rechnet, und dass trotz des verschiedenen Chemismus der Zerlegung, der offenbar bei dem Wechsel der Ernährungsart eintritt, der Kraftumsatz die bestimmende Einheit ist und der Angelpunkt, um den sich alles dreht.

Die erste hierher gehörige Beobachtung machte ich bei hungernden Kaninchen, bei welchen zu Ende ihrer Lebenszeit sich plötzlich eine Stoffwechseländerung in dem Sinne zeigte, dass das Eiweiss das Fett in Zahlenverhältnissen ersetzte, die wir heutzutage als isodyname Vertretung bezeichnen würden.

Die breitere Basis aber für die energetische Auffassung wurden meine Untersuchungen über die Vertretungswerthe der organischen Nahrungsstoffe. Ich hatte gefunden, dass beim ruhenden Thiere, bei mittlerer Stubenwärme, die Ernährung mit verschiedenen Nahrungsstoffen eine Vertretung der letzteren erlaubt, und dass diese Werthe fast genau denen entsprechen, welche als Vertretungswerthe auf physikalischem Wege zu bestimmen sind, wenn man die Mengen aufsucht, welche gleiche Wärme liefern.

So fand sich: 100 Theile Fett sind isodynam mit

	direct am Thiere bestimmt	nach Calorien-Messung
Eiweissstoffe des Muskels	225	213
Stärkemehl	232	229
Muskelfleisch	243	235
Rohrzucker	234	235
Traubenzucker	256	255

Nur bei dem eiweissartigen Material sind geringe Differenzen zwischen Theorie und Wirkung vorhanden, im Uebrigen ist die Uebereinstimmung eine vorzügliche.

Damit war erwiesen, dass der Körper des Warmblüters nicht mit den gleichen Gewichtsmengen der ungleichartigen Stoffe arbeitet, sondern dass in dem Organismus für den allerwesentlichsten Theil aller Processe ein energetisches Princip massgebend sei, welches die Befriedigung eines bestimmten, den Umständen angepassten Kraftbedürfnisses forderte.

So wurde aus der vielfach variirten Zufuhr der Hauptnahrungsstoffgruppen — als eine neue Grösse — der Gesammtkraftwechsel, d. h. die Summe der einzelnen Kräfte ableitbar und Verschiedenartiges unter sich vergleichbar.

Von nicht zu unterschätzender Wichtigkeit war weiter die festgestellte Thatsache, dass der Hungerkraftwechsel im Allgemeinen für den Bedarf des Körpers an Kraftzufuhr massgebend sei, wie, dass die praktisch vorkommenden Abweichungen hievon nicht von erheblicher Bedeutung seien.

In diesen Beobachtungen lag der Beweis eines wichtigen ökonomischen Principes, nämlich das Bestreben der Organismen, eine einheitliche Wärmeproduction trotz offenbar ungleicher innerer körperlicher Zustände zu wahren.

Die energetische Auffassung gestattet einen Vergleich der gesammten Leistungen des Organismus unter verschiedenartigen Umständen, während man früher genöthigt war, die Ernährungsweise unter verschiedenen Umständen mehr in der Form der Statistik und empirischen Feststellung zu beschreiben.

An diese Beobachtungen über den Kraftwechsel schloss sich dann noch der Beweis eines Organisationsgesetzes der Warmblüter, welches zeigte, wie das energetische Princip die weiteste Ausdehnung besitzt, nämlich die Erkenntnis, dass beim hungernden und ruhenden Warmblüter bei ungleicher Grösse der Energieverbrauch proportional der Oberfläche des Thieres geordnet ist.

Die Ursache, welche zu diesem höchst merkwürdigen Resultate führt, liegt wesentlich in der Organisation des Gesammtorganismus begründet, in dem biologischen Verhalten unseres complicirt gebauten Körpers, der immer wieder in den Wettbewerb mit äusseren wechselnden Bedingungen treten muss, und so innerhalb gewisser Grenzen ein Spiegelbild der Umgebung darstellt; eine Reaction auf alles, was ihn umgibt, eine Reaction auf die ihn umgebenden physikalischen Verhältnisse, welche für viele Fälle in der Wärmeentziehung eine zureichende Erklärung zu finden schien. Bei den verschiedensten Thieren sind später von anderer Seite diese Beobachtungen bestätigt worden, so dass an ihrer generellen Giltigkeit nicht der geringste Zweifel obwalten kann.

Um die Erfahrungen über die energetischen Vorgänge beim Thiere für die menschlichen Ernährungsvorgänge zu verwerthen, habe ich zunächst erst die geeignete Unterlage schaffen müssen. Durch eingehende calorimetrische Untersuchungen habe ich den Versuch unternommen, eine Basis zu gewinnen, auf welcher die zahlreichen Feststellungen über den Nahrungsverbrauch des Menschen unter verschiedenen Umständen einer Berechnung für die Aufgabe der Lehre des Kraftwechsels zugänglich gemacht wurden. Im Sinne unserer Nahrungsmittelchemie habe ich die jetzt allgemein benützten Standardwerthe für Eiweiss, Fett, Kohlehydrat festgelegt, wodurch sich die Möglichkeit bot, die energetische Betrachtung auf die Verhältnisse unseres täglichen Lebens anzuwenden.

Gerade Untersuchungen der allerneuesten Zeit haben mich belehrt, dass in der That mein früher eingeschlagenes Verfahren der

Wärmeberechnung in ganz vorzüglicher Weise der gestellten Aufgabe gerecht wird und über Erwarten zuverlässige Resultate bietet.[1])

Ich habe nachgewiesen, dass die oben erwähnte Methodik gestattet, selbst unter complicirten Verhältnissen den Kraftwechsel mit grosser Genauigkeit durch Rechnung festzustellen.

Die energetische Betrachtung kam auch der Normirung der menschlichen Kost in stofflicher Hinsicht zugute, indem sie uns die Vertheilung der Nahrungsstoffe in der Kost auf ein einheitliches Mass zu berechnen erlaubte.

So lassen sich demnach die energetischen Grundsätze für eine Fülle von Aufgaben verwerthen und nutzbar machen; diese Betrachtung hat auch die Grundlage geliefert, auf deren Basis gerade die Erwägungen über die Befriedigung des Nahrungsbedarfes durch die Nahrungsstoffe, kurzwegs gesagt, die stoffliche Betrachtung, die ja durch die energetische Betrachtung nicht beseitigt wird, eine Klarheit und Durchsichtigkeit gewonnen hat, die auch denen, welche ein Verständnis für energetische Betrachtung noch nicht gewonnen haben, zunutze kommt und von der sie vielleicht, ohne es zu wissen, Vortheil ziehen.

So liegen für ganz verschiedenartige Verhältnisse des Lebens uns genaue Angaben über den Kraftwechsel und Kraftbedarf bei Menschen wie beim Thiere vor und es ist möglich, Lebenszustände unter sich zu vergleichen, welche früher überhaupt incomensurabel gewesen waren. Doch steht es mir vollkommen fern, für alle Vorgänge im Leben an einen schablonenhaften Ablauf derartiger Processe zu denken, oder auch nur die hieher gehörigen Fragen für abgeschlossen zu halten.

Zur Aufklärung und zum weiteren Verständnisse der Lebensprocesse bedürfen die letzteren unbedingt einer Weiterführung.

Diese meine systematischen Untersuchungen haben seit dem Jahre 1885 eine in äusseren Verhältnissen begründete Unterbrechung erfahren, jedoch nicht, ohne dass ich wenigstens andeutungsweise angegeben habe, nach welcher Richtung sie weiterzuführen wären.

Die von mir eingehend veröffentlichten Untersuchungen, welche sich auf die energetischen Verhältnisse der Thiere und der Menschen beziehen, haben das Gemeinsame, dass ich aus der grossen Mehrzahl der Lebensbedingungen zunächst mir eine grosse, praktisch bedeutsame Gruppe, welche die charakterischeste ist, allgemeinste Anwendungen gestattet, und in der That, wie ich glaube, durch ihre Klarstellung der Allgemeinheit einen dauernden Nutzen gebracht hat, herausgegriffen habe.

Meine Untersuchungen über die isodyname Vertretung der Nahrungsstoffe und die weitere Verfolgung dieser Frage, welche in den calorimetrischen Untersuchungen niedergelegt sind, haben sich im Wesentlichen mit solchen Ernährungszuständen beschäftigt, welche man kurzweg Gleichgewichtszustände nennen kann.

---

[1]) Voit's Festschrift, Zeitschr. f. Biol. Bd. XLII, S. 261.

Dagegen habe ich ein anderes grosses Gebiet dieser Fragen nur gestreift und ihre eingehende Behandlung weiterer Forschung vorbehalten, nämlich das Verhältnis des Ansatzes und des Wachsthums, die neuerdings bei dem eingehenderen Verständniss für die Ernährungsvorgänge des Säuglings und des Kindes eine gewisse Bedeutung gewinnen müssen.

Eine Reihe orientirender Versuche zeigten mir aber bereits vor 16 Jahren, dass hinsichtlich der energetischen Verhältnisse eine abundante, über das Nahrungsbedürfnis hinausgehende Kost andere von dem Gleichgewichtszustande wesentlich verschiedene Wirkungen auf den Kraftwechsel hat, indem sie, was das quantitative Moment anlangt, mehr oder minder erheblich den bei geringer Nahrungszufuhr oder bei Hunger festgesetzten Kraftwechsel steigert.

In gewissem Sinne scheint es mir von grosser Wichtigkeit, in den nachfolgenden Untersuchungen den Faden an dieser Stelle wieder aufzunehmen und zunächst die Wirkungen reichlicher Nahrungszufuhr in energetischer Hinsicht zu schildern. Beim Studium dieser Fragen war ich also schon früher zur Anschauung gelangt, dass neben der Kost in dem Kraftwechsel noch ein ganz anderer Factor einen wesentlichen Einfluss üben muss, nämlich der körperliche Zustand eines Thieres oder Menschen, so weit derselbe von den thermischen Verhältnissen der Aussenwelt abhängig ist.

Ein Factor, von dem man nicht den geringsten Einfluss auf den Kraftwechsel hätte vermuthen sollen, zeigt sich unzweifelhaft mit den Nahrungswirkungen enge verknüpft: die Wärmeregulation.

Ich habe in Kürze im Jahre 1885, gestützt auf bereits ziemlich umfangreiche Experimente, diese meine Anschauungen dargelegt, ohne dass dieselben allgemein in ihren Consequenzen gewürdigt worden wären. Die Ergebnisse waren in folgenden Sätzen zusammengefasst worden:

„Man wird sich die Frage vorlegen, was geschieht, wenn durch die Zufuhr die eben bezeichnete Grenze überschritten wird. Namentlich durch die Versuche von *Pettenkofer* und *Voit* ist dargethan worden, dass im Allgemeinen bei reichlicher Fütterung Ansatz der zugeführten Stoffe, unter Umständen aber wohl auch ein reichlicher Verbrauch an Stoffen nachgewiesen werden kann. In den Versuchen der genannten Autoren kommen fast durchgehends lange Fütterungsreihen in Betracht, bei welchen Veränderungen des Körpers des Thieres nicht ausgeschlossen waren und auch nicht ausgeschlossen bleiben sollten, da es sich ja dabei um die Auffindung der Gesetzmässigkeit des Ansatzes handelte. Es ist aber wünschenswerth und von grossem theoretischen Interesse, die einzelnen wirksamen Factoren scharf zu trennen, hier also die unmittelbare Wirkung reichlicher Nahrungszufuhr von der Wirkung der durch den Ansatz bedingten qualitativen und quantitativen Veränderungen des Körpers,

und so habe ich denn schon vor langer Zeit begonnen, zu untersuchen, welches die Grösse des Kraftumsatzes (Wärmebildung) unmittelbar an den ersten Tagen reichlicher Zufuhr sei. Die Methoden, deren ich mich zur Untersuchung der Wärmeproduction bediente, sind schon früher angegeben; die calorischen Werthe für die zersetzten Stoffe sind nach eigenen Beobachtungen berechnet worden. Die Ergebnisse können, wie folgt, mit Ausserachtlassung minder wesentlicher Punkte, zusammengefasst werden:

Bei jedweder Art abundanter Zufuhr lässt sich gleich am ersten Tage der Fütterung eine reichlichere Wärmebildung, verglichen mit dem vorhergehenden Hungertage, nachweisen. Dieselbe hält an oder nimmt an den späteren Tagen bei gleichbleibender Zufuhr zu.

Die einzelnen Stoffe zeigen ein specifisches Vermögen, die Wärmebildung anzuregen.

Am meisten Wärme wird durch überschüssige Eiweisszufuhr erzeugt, weit weniger durch überschüssige Kohlehydrate, am wenigsten durch Fett; demgemäss wird also bei überschüssiger Eiweisszufuhr am wenigsten, bei Kohlehydrat mehr, bei Fett am meisten angesetzt. Die Gefahr, fett zu werden, ist demnach bei reichlicher Fettkost am grössten.

Von dem zugeführten Ueberschusse scheint — bei Eiweiss wenigstens — auch wenn man die Grösse des Ueberschusses variirt, ein nahezu gleichbleibender Bruchtheil zersetzt zu werden.

Die Nahrungsstoffe enthalten, wenn man diese Versuche mit meinen früher publicirten vergleicht, in dem Organismus scheinbar ganz verschiedene Wirkungen, je nachdem die Menge der Zufuhr variirt wird. Das einemal bleibt die Menge der täglich producirten Wärme fast ungeändert, das anderemal tritt eine namhafte Vermehrung der Wärmeproduction auf. Die Erklärung dieser verschiedenen Wirkung kann man mit wenigen Worten bringen.

Man muss sich vergegenwärtigen, dass beim Hungerzustande und bei mittlerer Lufttemperatur ein sehr erheblicher Theil der producirten Wärme aus den Muskeln stammt und jene Zellen, welche in Beziehung zur Aufnahme der Nahrungsstoffe stehen, wenig thätig sind und wenig Wärme produciren. Wenn aber die Lufttemperatur steigt, die Abkühlung abnimmt, so schränken die Muskeln ihre Thätigkeit ein; das gleiche kann offenbar geschehen, wenn die Drüsenzellen und diesen zugehörige Gebiete von einem Reiz getroffen werden, welcher die Wärmeproduction mehrt; die Muskeln werden entlastet. Indem also hier zwischen Muskeln und Verdauungsapparat Compensationen eintreten, kann die Wärmemenge, welche von einem gefütterten und hungernden Thiere geliefert wird, ganz gleich sein, nur die Quellen der Wärme haben sich geändert.

Die Ausschaltung der Muskeln als wärmeregulirendes Organ hat natürlich auch eine gewisse Grenze. Es trifft sich nun, dass im Allgemeinen die bei Aufnahme von Nahrungsstoffen durch Umsetzung

in den mit der Verdauung zusammenhängenden Drüsen gebildete Wärme, selbst wenn die ersteren (Nahrungsstoffe) hinreichen, den Wärmebedarf zu decken, eine kaum bemerkbare Steigerung der Tageswärme hervorruft, sondern offenbar nur dazu dient, die Muskeln auszuschalten. Geht man mit der Zufuhr über diese Grenzen hinaus, so macht sich ein Steigen der Tageswärme bemerkbar. Die durch die Nahrungsstoffe in den Drüsen erregten Umsetzungen betragen, nach dem Wärmewerth gemessen nur einen Bruchtheil des Wärmewerthes der Zufuhr. Wir sehen deshalb, dass auch ein bestimmter Bruchtheil des Ueberschusses der Zufuhr als Wärmezuwachs auftritt.

Die Wirkung der abundanten Zufuhr, d. h. der Wärmezuwachs gegenüber der Wärmeproduction an den Hungertagen, muss auch abhängig sein von der absoluten Temperatur.

Nehmen wir den Fall, dass ein hungerndes Thier ansteigend in einen höher temperirten Raum gebracht werde, so gibt es bekanntlich eine Grenze, über welche hinaus man mit der Erhöhung der Lufttemperatur nicht gehen kann, ohne die Eigenwärme des Thieres zu erhöhen. In diesem Zustande des Thieres wird nur wenig Wärme von den Muskeln geliefert, weil ja auch die Abkühlung eine unbedeutende ist; wenn wir nun einen Reiz auf die Drüsen wirken lassen, so muss jeder Reiz, der sonst latent blieb, weil in der Thätigkeit der Muskeln eingespart werden konnte, hier zum Ausdruck kommen. In der Nähe dieser Grenze müssten demnach die Wirkungen der Zuführung der Nahrungsstoffe auf die Gesammtwärmeproduction viel bedeutender werden, als ich sie angegeben. Es kann daher an dieser Stelle nochmals hervorgehoben werden, dass die Beziehungen der Nahrungsstoffe zur Wärmeproduction, wie wir sie eben geschildert, angestellt sind bei mittleren Temperaturen und bei diesen, sowie für absteigende Temperaturen Geltung haben.''

Ich habe durch diese Untersuchungen also bereits gezeigt, dass die reichliche Kost und der Ansatz andere Gesetzmässigkeiten zeigen als die einfachen Gleichgewichtszustände und zugleich habe ich das Widersprechende in den Ergebnissen zu erklären versucht.

Die wichtigste Thatsache war die ungleiche Wirkung der verschiedenen Nahrungsstoffe, insbesondere die Präponderanz der Eiweissstoffe bezüglich der Wärmemehrung und die Heranziehung der functionellen Eigenschaften des Körpers, wie sie wechselnde thermische Einflüsse erzeugen können.

Diese „Theorie'' der Erscheinungen, welche ich damit gegeben habe, war in der Lage die ungleichen experimentellen Ergebnisse zu erläutern und dem Verständnisse näher zu bringen. Sie fand auch eine gewichtige Stütze in der Entdeckung, dass in der That die Ernährung die Art der Wärmeregulation zu verändern im Stande ist, und dass man bei ernährten Thieren mit einer bis dahin gar nicht mehr gewürdigten Form des Wärmegleichgewichtes — mit der physikalischen Regulation, wie ich es nannte — bekannt wurde.

Ueber die bei diesen Untersuchungen gewonnenen Resultate hatte ich mich in folgender Weise geäussert:

„Während also bei Hunger das Thier scharf allem Wechsel der Temperatur in seiner Wärmehaltung folgte, sind die Verhältnisse beim gefütterten Thiere völlig andere: Bei abundanter Fütterung ist die chemische Wärmeregulation aufgehoben, trotz Zunahme der Temperatur der umgebenden Luft wird nicht weniger an Wärme producirt, sondern die nämliche Wärmemenge. Dabei muss der überschüssigen Wärme ein neuer Abfluss geschaffen werden, und zwar durch physikalische Mittel; die Thiere legen sich mit ausgestreckten Beinen auf den Boden, ihre Oberfläche vergrössernd. Umgekehrt, wenn die Temperatur sinkt, wird deshalb nicht mehr Wärme producirt wie vorher, sondern auch die gleichbleibende Menge, nur die Wege für die Wärmeabfuhr werden gekürzt. Die tägliche Wärmeproduction ist an den Fütterungstagen nicht ganz gleich geblieben, sondern allmählich angestiegen. Dieses Ansteigen bildet bei reichlichem Ueberschuss die Regel.

Das Bestehen der physikalischen Wärmeregulation beweist uns, dass der Muskelapparat vollständig in seiner Thätigkeit ausgeschaltet ist und dient der in der vorhergehenden Mittheilung ausgesprochenen Anschauung über die Beziehungen zwischen Muskel- und Drüsenapparat als Stütze. Der Organismus bedient sich der chemischen Regulation, wenn er zu sparen hat, der physikalischen, wenn er im Ueberflusse lebt. Es kann hier gleich hervorgehoben werden, dass beide Arten der Regulation sehr wohl täglich bei dem Menschen nebeneinander vorkommen können, nach reichlicher Mahlzeit der physikalische, im Uebrigen die chemische Regulation. Die mechanische Arbeit erfordert gerade wie die lebhafte Drüsenthätigkeit die erstere; es kommen deshalb auch bei Arbeitern, welche ähnliche Arbeitsleistungen haben, klimatische Verhältnisse in ihrer Wirkung auf den Stoffverbrauch nicht zum Ausdruck.''

Dies waren im Wesentlichen die in einer vorläufigen Mittheilung vom Jahre 1885 enthaltenen Sätze, die nach mancher Richtung etwas hypothetisch klingen mochten, die sich aber späterhin in jeder Richtung objectiv als zutreffend erwiesen haben.

Allerdings hat sich im Laufe der Jahre herausgestellt, dass zum Studium des Stoffwechsels ein viel complicirterer Apparat gehört, als man jetzt noch allgemein annimmt, und dass es ganz und gar unmöglich ist, ohne die Berücksichtigung der Functionsänderungen des Körpers in Abhängigkeit von den thermischen Verhältnissen einen Schritt vorwärts zu thun.

Die Methodik, wie ich sie selbst bis zum Jahre 1885 eingehalten habe und wie sie heute noch von anderer Seite geübt wird, zeigt uns nicht mehr als einen einzigen Specialfall der Ernährung und merkwürdigerweise bei dem Thiere einen solchen, welcher der Erkenntnis der specifischen Stoffwechselvorgänge ein unüberwindliches Hindernis entgegensetzt.

Im Laufe der Jahre habe ich mich, ohne aufs neue zu diesen Fragen öffentlich Stellung zu nehmen, überzeugt, dass die energetische Betrachtung der Wirkung einer überreichlichen Kost, wie das ganze Verständnis der Ernährungsgesetze nur möglich ist, durch umfangreiche Vorarbeiten auf den verschiedensten Gebieten und dass Ernährungslehre und Energieumsatz in so innigem Verhältnis zu allen thermischen Verhältnissen der Lebewesen stehen, wie sie vorher nicht zu vermuthen waren.

So sind eine Reihe von Untersuchungen ausgeführt worden, deren Zusammenhang mit diesen uns hier interessirenden wohl nicht erwartet werden könnte, die aber thatsächlich erst nähere Aufklärung über die Wege weiterer energetischer Betrachtungen geliefert haben.

Dahin gehört Vieles, wie die nähere Kenntnis der Wasserdampfausscheidung, die Wirkung der Feuchtigkeit, die Luftbewegung, Besonnung und beim Menschen das Studium der Bekleidung.

Das nächste Ziel meiner nachstehenden Untersuchungen soll die Feststellung der Erscheinungen sein, welche in energetischer Hinsicht nach Aufnahme einer abundanten Kost sich ausbilden.

In der Methodik werden wir dabei bald von der üblichen Arbeitsweise der Ernährungslehre abgedrängt werden. Wir werden durch die künstliche Variirung der Lebensbedingungen, durch Aenderungen der umgebenden thermischen Verhältnisse wechselnde Organäusserungen des Körpers erzeugen. In dieser Hinsicht hat man sich bisher einer allzu einfachen Vorstellung hingegeben. Die Experimentatoren glauben allen nothwendigen Ansprüchen nachgekommen zu sein, wenn sie bei „derselben Temperatur" oder bei Stubentemperaturen, welche aber Unterschiede von 10^0 und mehr in sich schliessen, ihre Beobachtungen anstellen. Wir werden zeigen können, wie grundlegend gerade die thermischen Verhältnisse sind und wie sie auf energetische Processe, ja auch im stofflichen Sinne bedeutungsvoll werden können. Der complicirte Mechanismus des Körpers will auch zu seinem Rechte kommen, und die Wege, welche er einschlägt, um ein Ziel zu erreichen, sind nicht immer die geraden, auf welche unsere menschliche Ueberlegung hinzielt.

Der Körper scheint uns allzusehr unter den Verschiedenheiten der Lebensbedingungen und der Natur als eine Einheit, während er thatsächlich etwas ungemein Variables ist, wenn man die Bedingungen um uns und in uns genauer betrachtet.

Von diesem Gesichtspunkte aus wurde in den folgenden Untersuchungen die Frage behandelt in dem Gedanken, dass die Variation der Lebensbedingungen uns weiter in die Vorgänge der energetischen Verhältnisse einweihen werde.

Wir hoffen damit einen Einblick in die inneren Vorgänge des Organismus zu ermöglichen, einen Einblick in die Thätigkeit mancher Organgebiete, deren Functionirung uns mit der üblichen Methodik bisher verschlossen geblieben.

Es wird sich zeigen, dass die energetischen Verhältnisse uns selbst in solchen Fragen unterrichten und aufklären können, die man bisher der ausschliesslichen Domaine stofflicher Betrachtung hatte zuweisen zu müssen geglaubt.

Von besonderer Wichtigkeit erschien es mir den Fragen, welche ich hier zu behandeln gedenke, näher zu treten, im Interesse der menschlichen Ernährung, welche durch die Eigenartigkeit der thermischen Verhältnisse unserer Umgebung, der Kleidung und Wohnung anders sich gestaltet als jene der frei lebenden Thiere, mit welchen man sonst zu experimentiren gezwungen ist.

Anscheinend wird durch diese Gesichtspunkte die Methodik der experimentellen Ernährungslehre erschwert, aber diese complicirten Verhältnisse bestehen eben auch im Leben und dieselbe Summe von Nahrungsstoffen ist praktisch von ungleichster Wirkung. Indessen werden wir darlegen können, dass der Complicirtheit der Verhältnisse einfache Gesetze zugrunde liegen, welche gestatten, eine klare Uebersicht über die Erscheinungen zu gewinnen.

Die Theorien der Ernährung schliessen manches Widersprechende in sich, und Streitfragen, deren Lösung vielfach unternommen worden ist. Manche dieser literarischen Streitigkeiten sind ihrem Wesen nach bedeutungslos und mehrfach wird sich zeigen, dass bisweilen beide Theile Recht behalten können. Die Hauptaufgabe der Forschung besteht, wie man nie vergessen sollte, nicht darin, zunächst alles zu verkleinern, was auf anderen Wegen gefunden worden ist, das Neue aber als etwas zu betrachten, was unbedingt alles hinter ihm Liegende werthlos macht, sondern darin, dass das Neue mit dem Alten durch einheitliche Gesichtspunkte verknüpft, erläutert, erklärt werde. Richtig erkannte Thatsachen bilden das Fundament, auf dem wir stehen, dieses aber wird nicht fester, wenn unnöthig und unverständig an ihm gerüttelt und gewühlt wird.

Eine eingehende experimentelle Untersuchung der nachstehend behandelten Fragen schien mir bei dem häufig hervortretenden Bestreben durch allerlei teleologische Betrachtungen den experimentellen Thatsachen vorzugreifen geradezu nothwendig. Missbraucht man sogar derartige Gesichtspunkte, um an den experimentellen Ergebnissen Kritik zu üben. Neben Einrichtungen, welche vom teleologischen Standpunkte aus recht vollkommen erscheinen, begegnet man genügend oft Verhältnissen, welche von diesem Gesichtspunkte aus nicht gerade glücklich gewählt erscheinen müssten. Wir werden Endfragen der Organisation durch unsere Methode nicht lösen, aber richtig angewandt, können sie uns doch Thatsachen lehren, welche uns dem Verständnis der inneren Verhältnisse des Stoff- und Kraftwechsels näher bringen.

Manche sind der Meinung, in der energetischen Auffassung etwas zu finden, was dem wahren Verständniss der inneren Zersetzung in den Zellen und der vielleicht complicirten chemischen Vorgänge vorgreift. Dies ist eine völlig falsche Auffassung! Bis wir den inneren

Zellmechanismus zu erklären im Stande sind, wird es noch sehr lange dauern, die physiologische Chemie, der diese vornehme Aufgabe zufällt, wird sie auch lösen.

In der Ernährungslehre suchen wir in erster Linie nur die Gesetze aufzufinden, die keineswegs in diese inneren Vorgänge, die sich in einem kurzen Zeitintervall abspielen, vordringen, sondern alle Geschehnisse eines Tages gewissermassen nur registriren.

Die nachfolgenden Untersuchungen stellen sich zur Aufgabe, wesentlich und in erster Linie nur die energetischen Verhältnisse zu betrachten; es bleiben daher mit Absicht manche Anregungen, welche das Material der Experimente auch in der Hinsicht der Art des Stoffumsatzes gibt, und die nach vieler Hinsicht nicht minder wichtig sind, zwar nicht unberührt, sie werden aber nicht ausführlicher besprochen werden.

Das Endziel geht dahin, nicht etwa alle Einzelfragen bis in das Detail zu verfolgen, sondern dahin, ein Resultat zu erhalten, welches die praktische Seite der Verwerthung nicht ausser Augen lässt.

Immer aber muss uns vor Augen bleiben, dass die Forschung nicht um ihrer selbstwillen existirt, wenn sie auch manchmal solche Wege einzuschlagen genöthigt ist, welche weitab vom praktischen Leben zu liegen scheinen, zurück zu diesem muss sie wieder kehren, damit die experimentellen Ergebnisse auch wieder Früchte zeitigen, die der Allgemeinheit zugute kommen.

II. Capitel.

Ueber einige Standardzahlen für calorimetrische Zwecke.

Die experimentellen Ergebnisse werden, was die Verwerthung ihrer Schlussfolgerungen anbelangt, wesentlich nach Massgabe der zugrunde liegenden Methodik ungleich zu beurtheilen sein. Es ist daher auch die erste Aufgabe, ehe wir an die Beschreibung des Experimentes gehen, der Methodik ein paar Worte zu widmen.

Ich habe bezüglich des energetischen Studiums an der Feststellung des Stoffwechsels und der Wärmeberechnung, zum Theile an der Combination mit dem directen calorimetrischen Versuche festgehalten.

Dies hat sich durchaus bewährt; zur Auffindung der Gesetze des Energieverbrauches käme man weder auf dem Wege der Stoffwechselbetrachtung, noch auch auf calorimetrischem Wege allein zu einem Ergebnis. Für manche Fragen ist der directe calorimetrische Versuch zu entbehren, weil man mit der Wärmeberechnung, wie ich bewiesen habe, im Durchschnitt dasselbe erzielen kann, die Feststellung der umgesetzten Stoffe für sich aber nicht zu entbehren ist. Ich konnte mich daher in den Grundzügen auf die auch früher meinerseits vorgeschlagenen Verfahren der Feststellung der N- und C-Bilanz beschränken. Die umständliche Verrechnung aller Elemente gibt weder eine grössere Genauigkeit noch besseres Verständnis über die Vorgänge.

Um Missverständnisse zu vermeiden, füge ich hinzu, dass die directe calorimetrische Methode für manche specielle Fragen, auf die ich ein andermal eingehe, ganz unentbehrlich ist.

Im Laufe der Jahre hat sich freilich auch die Methodik nach manchen Richtungen umgestaltet; indem ich mir vorbehalte, hierauf später noch eingehend zurückzukommen, erübrigt mir auf einige, wenn man will, streitige Fragen in Kürze einzugehen. Gegen einige Punkte der von mir verwendeten Methodik sind, wie sich zeigen wird, völlig belanglose Einwände, die aber in der Literatur kritiklos fortgeschleppt werden, erhoben worden, ausserdem aber meine ich, dass die calorimetrische Betrachtungsweise noch immer nicht mit genügender Rücksicht auf ihre Bedeutung gewürdigt wird.

Die folgenden Untersuchungen benützen als Angelpunkt die Bestimmung des 24stündigen Stoffumsatzes, woraus dann der Energieumsatz berechnet wird, oder auch die Feststellung der in 24 Stunden abgegebenen Wärme mittelst directer Calorimetrie.

Die praktische Ernährungslehre kann vorläufig über diese Grenze der Untersuchungen der Einnahmen und Ausgaben nicht weiter hinausrücken. Unsere Voraussetzungen fordern, dass die ausgeschiedenen Zersetzungsproducte von dem eingeführten oder in Zerlegung begriffenen Material herrühren. Daher muss es unser Wunsch bleiben, möglichst hinreichend lange Zeitperiode zu wählen. Die 24stündige Periode ist die natürliche Abgrenzung, während welcher die Zersetzung vollendet zu sein pflegt. Wie ich bewiesen habe, stimmen in dieser Periode Wärmeabgabe und Wärmerechnung aus den zersetzen Stoffen überein. Dies gilt auch noch, wie ich in einzelnen Fällen gesehen habe, dann, wenn noch mehr als für den Tag nöthig wäre, an Nahrung aufgenommen wird.

Dass man aber nicht in jeder kleinen Zeitperiode von 10 bis 20 Minuten aus den Ausscheidungen gasförmiger wie flüssiger Natur solche Rückschlüsse auf die thatsächlich ablaufenden Zersetzungen wird ziehen können, scheint man immer noch nicht als selbstverständlich anzusehen. Aber an dem Unzutreffenden einer solchen Annahme können die unter Umständen gleichmässigen Ergebnisse nichts ändern. Quantitativ für die Bemessung des Stoffbedarfes allgemein brauchbare Resultate lassen sich auf diesem Wege nicht erzielen. Wir werden in den letzten Capiteln dieses Buches auf Verhältnisse stossen, welche weitere Belege für die Anschauung geben, dass wir durch Theiluntersuchungen des Stoffwechsels zu bindenden und allgemein verwerthbaren Schlüssen nicht kommen können.

Meine Bedenken richten sich nicht allein gegen die Untersuchung der Respiration für kurzdauernde Zeittermine,[1]) und die Ableitung von thermischen Betrachtungen aus solchen, sondern namentlich gegen die calorimetrischen Untersuchungen von verhältnismässig kurzer Dauer, wie sie z. B. von *Laulanié* u. A., bisweilen sogar nur unter Messung der Abgabe der Wärmeabgabe unter Vernachlässigung des Wasserdampfes angestellt sind.

Es wird gewiss Fälle geben, bei welchen auch in kürzeren Zeitintervallen ein richtiges Bild Mittel gewonnen wird, aber wir vermögen das heute noch nicht generell zu beurtheilen.

Ich habe aber es sogar mehrfach für nothwendig gehalten, statt einzelner Tagesversuche auch mehrtägige Reihen auszuführen, wenn es sich um eine absolute Sicherung des Ergebnisses handelte.

[1]) Eine Reihe von Einwänden gegen Versuche mit einer Methodik wie der von *Zuntz* u. A. geübten, was die Schlüsse auf den Gesammtstoffwechsel anlangt — sind bekanntlich von *Ebstein* „Ueber die Lebensweise der Zuckerkranken", 1892, S. 138, und *Fick*, Sitzungsberichte der Würzburger physik. medic. Gesellschaft, 1890, *Fritz Voit*, Zeitschr. f. Biol. XXIX, p. 143, sowie von vielen Anderen ausgesprochen. Man sollte aber dabei nicht vergessen, dass es doch eine Reihe von Aufgaben gibt, die gerade durch die Anwendung dieser Methoden erheblich gefördert worden sind.

Der Arbeitsgewinn an Zeit durch kurzdauernde Experimente von $^1/_2$ Stunde gegenüber den 24 Stunden der Tagesexperimente ist natürlich ein ungeheuerer; aber wenn man genau zusieht, doch nur scheinbar. Denn die Unsicherheit der kurzdauernden Experimente ist meist so gross, dass man trotz grosser Ausschläge manchmal recht unsicher in den Folgerungen bleibt. Zufällige Einflüsse machen sich leichter geltend. Man braucht nur einmal eine Curve der 24stündigen Wärmebilanz, die von dem Registrirapparate meines Calorimeters aufgeschrieben wird, zu betrachten, um zu wissen, aus wie vielen Schwankungen um einen Mittelwerth sich das wahre Tagesmittel bildet und nach dieser Richtung hin genügend zur Vorsicht ermahnt zu sein.

Die Unsicherheit der Ergebnisse zwingt eben dann zur Feststellung von Mittelwerthen, in mehreren ähnlichen Experimenten der respiratorischen Ausgaben, die untereinander mitunter erheblich abweichen und oft genug trotz einer grossen Anzahl von Einzelexperimenten keine genügend sichere Basis für die Schlüsse geben.

Die Ernährungsversuche an den Hunden, bisher das beste Versuchsthier, sind, was die Auswahl der Kost und die Feststellung des Umsatzes anlangt, verhältnismässig sehr einfacher Natur; mit wenigen Nahrungsmitteln lässt sich die nöthige Combination für die Experimente durchführen.

Ebenso ist die Bestimmung derjenigen Elemente, welche zur Kenntnis des Umsatzes erforderlich sind, eine gleichfalls beschränkte. Die chemische Zusammensetzung der Einnahmen eigens festzustellen, ist nicht in allen Fällen nöthig. Von den Ausgaben genügen der N in Harn und Koth, sowie der C in den flüssigen, festen und gasförmigen Ausscheidungen.

Die Untersuchungen erstrecken sich zum kleinen Theile über einen Zeitraum von 20 Jahren, zum grössten Theile liegen sie in den Jahren 1886 bis 1901. Die Methodik war daher nicht immer ganz die gleiche.

Zur Feststellung der Respiration diente immer das *Pettenkofer*sche Princip. Die Apparate selbst haben aber im Laufe der Jahre mannigfache Aenderungen erlitten, was namentlich den Bewegungstheil, die Art der Probeentnahme, die Messung des Theilstromes anbelangt.[1])

Die wesentlichsten Umänderungen musste im Laufe der Jahre aber der Versuchsraum für die Thiere selbst erfahren; von dem

---

[1]) Heutzutage verfügen wir auch über bessere Instrumente für die Messung des Theilstromes bei den Untersuchungen als früher; die speciell von *Elster* hergestellten Gasuhren sind mit den Einrichtungen früherer Jahrzehnte nicht auf eine Stufe zu stellen. Die neuen Uhren sind aus besserem, gegen Wasser widerstandsfähigerem Material construirt und exacter gearbeitet. Die Aichungszahlen stimmen daher ganz vorzüglich überein, und die Controle der Experimente ist daher viel mehr erleichtert wie sie früher war.

Momente ab, in welchem ich den grossen Einfluss der Umgebung auf den Ausfall der Experimente erkannt hatte, mussten die alten Einrichtungen verlassen werden.

Bei den Versuchen vor dem Jahre 1886 controlirte ich die Temperatur der Luft durch öftere Ablesung eines Thermometers, welches bei dem zur Aufnahme des Thieres bestimmten Glaskasten aufgehängt war. Dies ist aber nicht für alle Fälle genau und zuverlässig genug. Die späteren Experimente sind alle so ausgeführt, dass die Thiere in meinem Calorimeter blieben, das auf absolut gleicher Temperatur gehalten wurde. Von der gleichen Zeit ab wurde auch fast in allen Fällen die Luftfeuchtigkeit bestimmt, oder sie wurde durch bestimmte Apparate regulirt, worüber ich oder meine Schüler an anderer Stelle Mittheilung gemacht haben.

Diese Regulation ist besonders bei sehr hohen oder sehr niedrigen Temperaturen unbedingt nothwendig.

Für die calorimetrischen Untersuchungen kann die Bestimmung des Wasserdampfes nicht unterlassen werden, da dieser ja in ausserordentlich wechselnden Mengen ausgeschieden wird. Auch für manche später zu behandelnde Fragen konnte derselbe nicht vernachlässigt werden.

Wasserdampfbestimmungen in den Ausscheidungen wurden mit dem Respirationsapparate nach *Pettenkofer* angestellt; über die Zuverlässigkeit der Bestimmungen habe ich ganz andere Anschauungen, als sie von *Stohmann* und später von *Sonden* und *Tigerstedt* ausgesprochen worden sind. Ich zweifle nicht, dass es den betreffenden Autoren vielfach nicht geglückt ist, gute Resultate zu erhalten. Das liegt aber zweifellos an ihren Apparaten und nicht am Princip.

Offenbar gelingt es manchen Experimentatoren, die mit grösseren Apparaten arbeiten, nicht, die Condensationen zu vermeiden; dies erreicht man unter den Cautelen, die in meinem Laboratorium ausgearbeitet worden sind, vollständig. Es bedarf allerdings anderer Aufstellung und anderer Nebenapparate, als sie der erste *Pettenkofer*'sche Apparat besessen hat.

Bei den Thierversuchen im Calorimeter ist jeder Fehler der Wasserbestimmung durch Condensation absolut beseitigt.

Die Einrichtung des Calorimeters ist auch derart, dass, wenn die Thiere gelegentlich den Harn nicht halten, derselbe durch einen eigenthümlichen mehrtheiligen Auffangapparat sicher und ohne grössere Mengen Spülwasser gewonnen werden kann.

Der Harn ist immer durch Katheterisirung gewonnen. Alle N-Bestimmungen wurden nach *Kjeldahl* ausgeführt, unter zeitweiser Einschaltung blinder Versuche behufs Correctur der Zahlen. Seit dem Erscheinen der *Allihn*'schen Angaben wurden vorkommende Zuckerbestimmungen nach dieser Methode ausgeführt; Elementaranalysen im offenen Rohr und Sauerstoffstrom; die Fettbestimmung sämmtlich nach *Soxhlet* in der sorgfältig zerkleinerten, getrockneten und zeitweise wieder geriebenen Substanz.

Sie spielen überhaupt in dem ganzen Apparat unserer Untersuchungen nur eine untergeordnete Rolle. Nur für das Fleisch sind gelegentlich fortlaufende Bestimmungen des Fettes nothwendig. Für die anderen Nahrungsstoffe sind sie beim Hunde ohne wesentliche Bedeutung.

C-Bestimmungen im Harn wurden theils im eingetrockneten, theils im frischen Harn, dann mittelst Schwefelsäure und chromsaurem Kali ausgeführt. Im letzten Falle unter Controle sogenannter blinder Versuche.

Die Versuche sind zum grossen Theile und im Wesentlichen an wenigen Hunden ausgeführt. Nur zur Controle, ob es sich um individuelle Eigenthümlichkeiten handelt, habe ich bisweilen nebenbei mehrere Thiere noch mituntersucht; im Ganzen sind etwa ein Dutzend Hunde verwendet worden. Die grossen Reihen aber im Wesentlichen an vier Thieren.

Für diese letzteren allein habe ich als Standardzahlen die Menge des C im Harn direct bestimmt, nicht in Einzelproben eines Tages, sondern in grösserem Umfange, indem der Harn z. B. von 12 bis 14 Hungertagen und der Fleischharn in ebenso langen Perioden gesammelt wurde. Dabei haben sich die von mir zuerst eingehend geprüften Relationen $\frac{C}{N}$ als so constant erwiesen, dass es angängig ist, mit Mittelzahlen zu rechnen.

Hinsichtlich der Constanz dieser Werthe werde ich noch durch den Umstand bestärkt, dass ich beim Menschen bei einer Fleischfütterung dieselben Relationen finde wie beim Hund. Hinzufügen möchte ich, was früher nicht untersucht war, dass der Harn nach ausschliesslicher Fettkost und Stärkefütterung im Kohlenstoffgehalt wie Hungerharn sich verhält.

Ich bemerke, dass ich Unterschiede im Quotienten $\frac{C}{N}$, wie 0·61, 0·60, 0·617 für Fleischharn, und Differenzen wie 0·746, 0·770, 0·74 beim Hungerharn für praktisch irrelevant halte und deshalb mit den Mittelzahlen rechne. Die elementare Zusammensetzung des Harns spielt im Uebrigen für die vorliegende Frage keine Rolle und ich übergehe sie um so lieber, als sich ja bei dem calorischen Quotienten ein besserer Ausdruck über die Bestandtheile des Harns geben lässt, als nach den in diesem Falle nicht in allen Beziehungen ganz exacten Werthen der Elementaranalyse.

Eine andere Methodik zur Feststellung des Umsatzes der Stoffe im Körper als jene durch Combination der Elemente N und C in allen Abgängen gibt es nicht. Zwar hat man früher durch die Bestimmung der N-Ausscheidung, ferner nach Massgabe der Veränderungen des Gewichtes der Thiere und unter Berücksichtigung der Nahrung solche Untersuchungen über den Nahrungsumsatz angestellt. Die ausführlichsten Zahlen hierüber finden sich bei *Bischoff* und *Voit* „Das

Gesetz der Ernährung der Fleischfresser 1860". Aber *Voit* hat selbst die Unzuverlässigkeit dieser Methodik nicht verkannt und späterhin in seinen Arbeiten mit *Pettenkofer* die directe Analyse der respiratorischen Ausscheidung an Stelle der älteren, unzureichenden Methodik gesetzt.

Es scheint mir völlig unzulässig, heutzutage wieder auf ein so primitives Verfahren zurückzugreifen.

Der Wassergehalt der Thiere ist namentlich bei trockener Luft und bei hohen Temperaturen ein so ungemein schwankender, dass man genaue Untersuchungen über Stoffzersetzung auf diese Weise überhaupt gar nicht anstellen kann. Bald hat man es mit grossen Abgaben von Wasser vom Körper, bald in Ausgleichperioden mit einer Aufspeicherung von Wasser am Körper zu thun. Meine Versuche werden mancherlei Beispiele für solche Wasserwanderungen geben.

Um aus den Ergebnissen der Stoffwechselversuche rasch den Energieumsatz berechnen zu können, habe ich zuerst die nöthigen Unterlagen durch meine calorimetrischen Untersuchungen geschaffen.

Ich wählte die Feststellung von Standardzahlen, welche für den N-Umsatz und den Kohlenstoffumsatz bestimmt waren. Die Wärmeproduction aus den eiweissartigen Materien bezog ich auf den N-Gehalt derselben, da ja dieses Element die einzige Möglichkeit zur Feststellung des Umsatzes bietet. Für den Kohlenstoff aus Fett und aus Kohlehydratumsatz liegen die Verhältnisse ohnedies klar vor Augen.

So fand ich für 1 N:

Aus Eiweiss = 26·7 Cal.
„ Fleisch = 26·0 „
bei Hunger = 25·0 „

Die Zahlen sind gewonnen, indem — bei Hunger ausgenommen — die Nahrungssubstanz, dann Harn und Koth calorimetrisch untersucht und beide Werthe von der Bruttosumme des Eiweisses und Fleisches in Abzug kamen, unter Anwendung von ein paar quantitativ nebensächlichen Correcturen für die „frische" Substanz.[1])

Anmerkung. Das zu Fütterungsversuchen verwendete Fleisch schwankt, wie nicht anders zu erwarten, in seinem Brennwerthe, weshalb es in den meisten Fällen direct calorimetrisch untersucht wurde.

Einige Beispiele mögen für Berliner Rindfleisch angegeben sein.

1 *g* trocken liefert:

5327
5522
5356
5424
5508
5381
5315
5312
5377 u. s. w.

[1]) Zeitschr. f. Biol. XXI, S. 250.

Bei dem Fleische für häuslichen Gebrauch finden sich Werthe zwischen 5107 bis 5400.

100 Theile Fleisch enthalten im Mittel aus einem Dutzend verschiedener Proben berechnet: 23·42% Trockensubstanz, 1·13% Aetherextract = 3·46% N.

1 *g* trocken im Mittel 5·390 Cal. bei 4·7% Asche.

Mit dieser Berechnungsweise der Verbrennungswerthe der Eiweissstoffe konnte sich namentlich *Stohmann* nicht befreunden; er meinte, man solle von der Verbrennungswärme der Eiweissstoffe nur den Verbrennungswerth des Harnstoffes, der rechnerisch aus Eiweiss entstehen kann, abziehen. Er hat aber mit diesen Vorschlägen wenig Beifall gefunden. Ich lege gerade darauf besonderen Werth, dass meinerseits zuerst durch volle Berücksichtigung von Harn und Koth die Vorstellungen über den Verbrennungswerth der Eiweissstoffe in die richtige Bahn geleitet wurden.

Man wird sich unmöglich der *Stohmann*'schen Auffassung anschliessen können, denn sie ist ja offenkundig eine irrige. Thatsächlich wird eben nicht aller N in der Form des Harnstoffes ausgeschieden, thatsächlich auch nicht aller N im Harne, sondern ein Theil in dem Kothe. Wie kann man auch bezweifeln, dass die neben dem Harnstoffe vorkommenden complicirten, zusammengesetzten Stoffe im Energieverluste Berücksichtigung finden müssen. Wir sind ja in der Lage, experimentell ein Thier mit Fleisch allein zu nähren und sehen dabei dauernd den eigenartigen Harn und den eigenartigen Koth ausgeschieden.

Der Unterschied, welcher entsteht, wenn man nur den Harnstoff als Verlust nach *Stohmann*'s Auffassung berechnen würde,[1]) ist gross; man findet für 1 N im Fleisch 29·6 Cal. als Verbrennungswerth, statt 1 N = 26 Cal. nach meiner Rechnung. Er ist so gross, dass man ohneweiters im Thierexperimente die Ergebnisse nachprüfen kann, welche Annahme die richtige sei. An einem kleinen Hunde fand ich durch directe Calorimetrie in 6 Tagen 2277 Cal. als Verlust, während sich nach meinen Standardzahlen 2250 Cal. aus den Umsetzungen berechnete. Die Differenz ist + 1·2%. In einem anderen Falle bei Fleischfütterung an einem grossen Thiere 4769 Cal. in den Ausgaben durch directe Calorimetrie und 4791 Cal. durch die Berechnung mittelst der Standardzahlen.

Nach *Stohmann*'s Annahme[2]) hätten in letzterem Falle mehr gefunden werden müssen um 465 Cal.

---

[1]) 1 *g* trockenes Fleisch = 5·651 Cal. = 0·164 *g* N
100 Thl. = 565·1
ab 16·4 × 5·41 88·7 (für Harnstoffbildung)
= 476·4
1 N = 29·6 Cal.

[2]) Umsatz 129·3 *g* N × 26 = 3362 Cal.
nach *Stohmann* 129·3 × 29·6 = 3827 „
Mehr nach *Stohmann* = + 465.

Es hätte das Ergebnis demnach lauten müssen: Rechnung = = 5246 Cal., gefunden aber nur 4769, nach *Stohmann* also zu viel um rund 10%.

Hätte das Thier nur Fleisch allein zersetzt, so wären die Fehler aber noch grösser gewesen (+ 13·5%).

Damit sind für mich die *Stohmann*'schen Einwände erledigt, soweit sie die Nichtberücksichtigung des specifischen Harnes und Kothes betreffen.

Ein weiteres Bedenken *Stohmann*'s begründete sich darauf, dass er meinte, ich hätte nur aus einem „einzigen" Versuche den Verbrennungswerth im Thiere abgeleitet. Thatsächlich handelte es sich aber nicht um einen einzigen Versuch, sondern um eine mehrtägige Reihe. *Stohmann* hatte ausserdem ganz übersehen, dass mir die gleichartige Zusammensetzung des Harnes und Kothes bei gleicher Fütterung wohl bekannt war. Er hätte sich ja leicht selbst überzeugen können, ob die Verhältnisse wirklich so weit constant sind, um die Aufstellung von Standardzahlen zu rechtfertigen.

Ich werde noch Gelegenheit nehmen, weiteres Material beizubringen, welches die Richtigkeit meiner Voraussetzungen schlagend bekräftigt, nämlich dass die Fleischspaltung und Eiweissspaltung keine bei derselben Species variable, sondern eine constante Grösse darstellt, abgesehen natürlich von Störungen der Verdauung, wodurch eine schlechtere Ausnützung zu Stande kommt.

Es ist mir von einer Seite auch der Einwand gemacht worden, dass der calorische Werth des N nur für den Hund und strenge genommen nur für den Fall gelte, in welchem ein Thier, das mit Fleisch (Eiweiss) gefüttert wird, den Bedarf annähernd deckt. Auch diesen Bemerkungen kann ich nicht beipflichten. Thatsächlich habe ich den für den Hund bestimmten calorischen Werth des N auch für keine anderen Fälle angewendet als er bestimmt war; und wenn es von anderer Seite geschehen ist, so müsste man zum mindesten zugeben, dass das eine zureichende Annäherung gewesen sei.

Heute bin ich aber anderer Ansicht. Ich glaube durch weitere Untersuchungen bewiesen zu haben und hier noch zu beweisen, dass man sogar bei dem Menschen bei Fleischkost genau denselben calorischen Werth des N findet.[1]) Wenn man diesen Umstand erwägt, wird man doch gewiss sein können, diesem calorischen Werth des N, wie ich ihn bestimmt habe, eine grössere Verwendung zuzuschreiben. Indes die Methoden liegen ja vor und es wäre leicht, thatsächlich zu prüfen, ob durch Abweichungen in der Menge des gefütterten Fleisches auch eine Aenderung des calorischen Werthes des N herbeigeführt würde. Doch sind die Einwände über die verbale Kritik nicht hinausgekommen.

Gewisse Zweifel könnten nur für den Fall entstehen — der von anderer Seite übrigens gar nicht berührt worden ist — wenn theilweise

---

[1]) Zeitschr. f. Biolog. XLII, S. 261.

Hungerzersetzung und theilweise Fleischzersetzung vorliegt. Nach meinen Untersuchungen liegen aber die beiden calorischen Werthe für den N, 26·0 bis 25·0 Cal. so nahe beisammen, dass man ja je nach dem Mischungsverhältnisse der sich zersetzenden Substanz jederzeit eine Correctur einführen könnte, wenn nicht die Differenzen zu unbedeutend wären.

Unbekannt wäre schliesslich auch die Art der Verluste beim Eiweiss, falls reichlich Schweiss gebildet wird, dessen Bestandtheile sich nicht mit dem Harne decken. Man wird aber doch wegen dieser Schwierigkeiten und Geringfügigkeiten, zu denen schliesslich noch der Haar- und Epithelverlust käme, nicht zweifeln, dass wir in der Lage sind, für die Eiweissstoffe einen physiologischen Nutzwerth aufzustellen. Man darf sich bei diesen Fragen allerdings nicht auf alle möglichen in wissenschaftlicher Form vorgebrachten Haarspaltereien einlassen, sondern muss das praktische Ziel und die im Thierversuche selbst gelegenen Fehlerquellen wohl im Auge behalten.

Eine weitere Kritik hat an dem calorischen Werthe des Stickstoffes *Pflüger* geübt; er meint, man solle von dem fettfrei gedachten Fleisch — wie es meinerseits vom Anfange an bei den Untersuchungen zuerst berechnet wurde — nur den fettfrei gedachten Koth, beziehungsweise dessen Verbrennungswärme abziehen.

Diese Annahme ist im Principe unrichtig, und ebenso unzutreffend sind die Annahmen, welche *Pflüger* zur Berechnung des fettfrei gedachten Fleischkothes unternimmt.

Das Fett oder richtiger gesagt die Aetherextracte des Kothes beiseite zu lassen liegt gar keine Berechtigung vor, da dieser sogenannte Fettgehalt so gut wie nichts mit dem Fettgehalte des Fleisches zu thun hat. Die ganze Berechnung *Pflüger*'s beruht auf drei Annahmen, welche sämmtliche auf den bei Fleischkost von mir gefundenen Koth gar keine Anwendung finden können.

Schon gelegentlich meiner Ausnützungsversuche an dem Menschen habe ich darauf hingewiesen, dass die Aetherextracte des Kothes nicht mit dem Aetherextracte der Nahrung in allen Fällen in Vergleich gestellt werden können. Der Aetherextract des Kothes kann wesentlich andere Quellen haben als das Fett der Nahrung. Nur bei ganz aussergewöhnlich grossen Fettmengen sieht man thatsächlich eine von der Nahrung beeinflusste Mehrung des Fettes in den Ausscheidungen.

Indes will eine solche Frage, die sich mit den Energieverhältnissen der Ausscheidungen beschäftigt, auch nach den Ergebnissen der directen calorimetrischen Methoden beurtheilt sein.

Meine neuen Untersuchungen über die calorimetrische Beschaffenheit des Menschenkothes haben an einem grossen Material dargethan, wie wenig die Beschaffenheit der Nahrung einen Einfluss auf den Koth ausübt.

Die Verbrennungswärme des Kothes beim Menschen ist fast die absolut gleiche, ob man fettarme oder fettreiche Kost aufnimmt. Für 1 *g* organisch habe ich gefunden:

	Fettreiche Kost	Fettarme Kost
Koth	6·104 Cal.	6·059 Cal.
Für Fleischkoth beim Hunde		6·13 bis 6·51 „
„ „ „ Menschen		6·40 „
„ Milch	6·52 „	
„ Kartoffel	6·41 „	

Fettreichthum oder Fettarmuth, vegetabilische Nahrung oder animalische ändern den calorischen Werth des Kothes so gut wie nicht.

Man ist also nicht berechtigt anzunehmen, dass kleine Aenderungen im Fettgehalte des Fleisches irgendwie eine Rückwirkung auf den Aetherextract des Kothes ausüben. Daher ist es auch unrichtig, hier Correcturen zu versuchen, wie sie *Pflüger* vorgenommen hat. Aber auch die Art und Weise, wie dies geschehen ist, will ich kurz erwähnen, weil sie eine völlig willkürliche Manipulation darstellt und zeigt, dass man ohne genaue calorimetrische Kenntnis der Verhältnisse nicht operiren kann. Um, wie er meint, ein exacteres Resultat zu erhalten, werden Hilfsrechnungen ausgeführt, deren Basis absolut unbegründet ist, und welche zu ganz falschen Resultaten führten.

Bei meiner Feststellung der calorischen Werthe des Fleisch-N hatte ich nur zu bestimmen den N in den Ausscheidungen und den Wärmewerth des Harnes und des Kothes. Den Fettgehalt des betreffenden Kothes habe ich überhaupt nicht angegeben, da er mit der Bemessung des Wärmewerthes des Kothes überhaupt nichts zu thun hat.

Da *Pflüger* aber an der Verbrennungswärme des Kothes einen Abzug für „Fett" machen will, so nimmt er einen nach seiner Meinung für den Fleischkoth charakteristischen Fettgehalt an, und zwar 26·5%.

Wer über nähere specielle Analysen von Fleischkoth verfügt, wird niemals diesen Werth von 26·5% als richtig anerkennen können.

Nach meinen Erfahrungen, welche sich auf Thiere der verschiedensten Race und auf das Fleischfutter an verschiedenen Orten erstrecken, kommt bei gesunden Thieren bei einem Fleischkoth ein so hoher Fettgehalt überhaupt nicht vor. Jedenfalls dürfte man allenfalls nur von den Werthen grösster Wahrscheinlichkeit, den Mittelwerthen ausgehen. Meine directen Beobachtungen, unter denen sich natürlich zahlreiche bisher nicht publicirte Werthe befinden, bewegen sich zwischen 8 bis 14% Aetherextract für 100 Theile trockenen Kothes. Nur wenn viel Fett gegeben und nicht mehr ertragen wird, findet man 25, ja bis 40% Fett im Kothe.

Pflüger will dann weiter berechnen, wie viel Cal. auf 1 Theil N im fettfrei berechneten Kothe treffen, um hieraus den Wärmeverlust des eingeführten Fleisches abzuleiten.

Für eine solche Rechnung fehlen aber, wie *Pflüger* übersieht, alle positiven Grundlagen; denn für das Kothfett liegen ja keine

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. Bd. XCII.

directen Verbrennungswärmen vor, und mit einer Mittelzahl für Nahrungsfett zu rechnen, wäre ja vollkommen irrthümlich. Diese fettartigen Schmieren, wie man sie aus dem Fleischkoth u. s. w. erhält, sind doch kein Neutralfett oder auch nur etwa Fettsäuren. Sie haben, was ich oft gesehen habe, und wie das so eigentlich als allgemein bekannt vorausgesetzt werden sollte, eine weit geringere Verbrennungswärme als das reine Fett des Thierkörpers.

Nicht einmal das Fett im Fleisch, wenn es sich wie bei magerem Fleisch um ein paar Procente Fett handelt, darf man calorimetrisch als „Fett" im engeren Sinne ansehen. Es scheint dies nicht bekannt zu sein. Ich habe mehrfach solche Untersuchungen ausführen lassen, bei welchen sich die Verbrennungswärmen zwischen 8·2 bis 8·6 Cal. pro 1 *g* bewegen. Noch weniger kann man bei dem Kothfett solche Rechnungen ausführen, wie dies *Pflüger* gemacht hat.

Es sollte heutzutage bekannt sein, dass man beliebig für Aetherextract nicht das Wort und den Begriff Fett aufstellen kann.

An Stelle weiterer Verbalkritik, die wenig förderlich zu sein pflegt, will ich an dem Material selbst zeigen, welche calorimetrischen Verhältnisse man wirklich findet.

Dazu mag folgende Untersuchung dienen:

Ein kleiner 4·8 *kg* schwerer Hund (Fl.) wurde 14 Tage mit je 400 *g* Fleisch täglich gefüttert (= 5600 *g* Fleisch). Dasselbe hatte im Mittel:

14·6 % N in 100 Theilen trocken
3·45 % Aetherextract
0·24 % „ nach Ansäuern mit Cl H
4·51 % Asche

bei 24·42 % Trockensubstanz.

Nachdem das Fleisch sorgfältig mit Aether unter mehrfachen Pulvern erschöpft war, wurden nach Ansäuern des Fleisches mit Cl H und Abdunsten desselben wieder kleine Antheile von Extract erhalten. Jeder der Extracte enthielt Stickstoff.

Der Aetherextract gab nicht die Verbrennungswärme von Neutralfett, sondern nur 8·470 Cal. pro 1 *g*, was mit meinen anderen Analysen, die ich an sehr fettarmem Fleische ausführte, übereinstimmt.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich auch kurz auf die Frage eingehen, ob sich durch Extraction mit Aether aus dem Fleische alles fettartige Material gewinnen lässt.

Die Frage ist bekanntlich von *Dormeyer* u. A. verneint worden, und sie meinen in der Verdauung des Fleisches mit Pepsin und Cl H ein Mittel gefunden zu haben, um über die früher geübte Technik hinauszukommen und wesentlich andere Anschauungen über das Fett in derartigen Nahrungsmitteln gewonnen zu haben.

Wenn man aber von vorneherein richtig analysiren kann, wird man den Ergebnissen von *Dormeyer* keine weittragende Bedeutung

zuerkennen, ja wie die von anderer Seite gemachten Nachprüfungen darthun, ist das thatsächliche Mehr des nach der Pepsinverdauung erhaltenen Fettes minimal.

E. Voit[1]) hat gezeigt, dass die Extraction mit Aether (24 Stunden) bei trocken angewandter Substanz auf 0·3 bis 0·5% allen Extract der Trockensubstanz liefert, d. i. meist 98% des Fettes in Fleischproben u. dgl. Allerdings ist dabei ein Fehler *Dormeyer*'s, der den Aetherextract, wie er sich ergab, als Fett ansah, vermieden und der Extract durch nochmaliges Behandeln mit Petroleumäther gereinigt worden. Auch dieses garantirt allerdings nicht Neutralfett. In einer Probe aus Fleisch habe ich in dem ungereingten Extract nach Verdauung (= 0·5% der Trockensubstanz des Fleisches) wie erwähnt fast 9·5% N gefunden (meist wasserlösliche Stoffe).

In der Regel wird bei einfacher Extraction nach 24 Stunden (und kleinen Substanzmengen) ein kleiner Fehler in dem Sinne gemacht, dass man etwas zu viel Aetherextract erhält, weil kleine Reste vom Extract übergehen. Dieses Mehr deckt jenen Theil der kleinen Fettmenge, das man durch complicirtere, aber keineswegs genauere Verfahren wie das *Dormeyer*'sche erhält. Der praktische Werth für die vorliegenden Fragen ist zu verneinen.

Die Hauptaufgabe bei diesen Extractionen liegt in der Anwendung einer möglichst fein gepulverten Substanz, auf deren Herstellung die Analytiker nicht immer die gehörige Sorgfalt verwenden, wie in der Anwendung vollkommen trockener Substanz, und der Nachtrocknung der mit Aether extrahirten Substanz, und der Anwendung nicht zu grosser Mengen von Material, die man sinngemäss nur so hoch nimmt, dass die Wiegefehler und Arbeitsfehler das Resultat nicht beeinflussen.

Alkohol habe ich zur Extraction (vor der Anwendung des Aethers) früher wie jetzt nur bei dem Fleischeiweiss (mit Wasser ausgelaugtem Fleisch) angewendet.

In den Aetherextract gehen immer die N-haltigen Substanzen über, die zum Theile aus Lecithin, zum Theile aus gelösten Extractstoffen herrühren. Bei zwei normalen Kaninchen habe ich pro 1 *kg* Lebendgewicht im Aetherextract zwischen 40 bis 80 *mg* N erhalten. Bei einem verhungerten Thiere pro 1 *kg* nur 20 *g*. Für die Bestimmung des N entstehen, so lange keine grösseren Mengen vorliegen, keine Fehler.

Die Aetherextracte eines verhungerten Thieres hatten in einem Falle folgende Zusammensetzung:

75·00%	C
10·26%	H
14·04%	O
0·70%	N

[1]) Zeitschr. f. Biol. XXXV, S. 572.

Die letzten Reste der schwer zu extrahirenden Fette, wie sie nach Pepsinverdauung gewonnen werden, haben zum Theile noch weit abweichendere Zusammensetzung, wie aus ihrer geringen Verbrennungswärme geschlossen werden kann, aber auch durch chemische Analyse von *E. Bogdanow*[1]) nachgewiesen ist. *Lindemann* hat für das bei Degenerationen auftretende Fett ähnliche Abweichungen gefunden.[2])

Kehren wir zur Untersuchung der bei dem Thierversuche erhaltenen Ausscheidungen zurück.

An Koth wurde 40·8 *g* Trockensubstanz abgegrenzt = 2·97% Verlust an Trockensubstanz.

In 100 Theilen trockenem Kothe waren:

7·25% N,
9·00% Aetherextract,
5·94% „ nach Ansäuern,
48·41% Alkoholextract (aschefrei).

Von 100 Theilen N des Kothes kamen:

Auf den Aetherextract	1·24%
„ Seifen	0·74%
„ Alkoholextract	61·50%
Auf Alkohol und Aetherextract	63·48%.

Das Fett der Aetherextracte hatte 9·166 Cal. pro 1 *g*, war demnach weder Neutralfett, noch auch ein Fett, was etwa dem des Fleisches entsprach. Die „Fettsäuren" aus Seifen gaben nur 7·048 Cal. pro 1 *g*.

Das ganze „Mischfett" pro 1 *g* 8·430 Cal. was mit einem anderen untersuchten Falle, bei welchen pro 1 *g* 8·317 Cal. gefunden worden waren, gut übereingeht.

Eine sehr geringe Verbrennungswärme hatte der Alkoholextract pro 1 *g*, organisch nur 3·982 Cal.

Gallenbestandtheile können also hier nicht in der Oberhand sein, da sie, soweit untersucht, alle eine sehr hohe Verbrennungswärme besitzen.

Von dem Gesammtverbrennungswerth des Kothes sind 68·2% in Alkoholäther löslich.

Von dem N der Einfuhr gingen 1·48% zu Verlust, und von der eingeführten Energie (1 *g* trockenes Fleisch = 5·421 Cal.) 2·56%, bei zwei anderen schon mitgetheilten 2·37, beziehungsweise 2·85%. Die Uebereinstimmung ist also auch unter recht variablen Bedingungen eine sehr gute.

Die Natur der den Koth zusammensetzenden Substanzen ist noch wenig bekannt.

Das kindliche Meconium liefert pro 1 *g* organisch 5·818 Cal. (7·57% N des organischen Theiles) Substanzen mit hoher Verbren-

---

[1]) *Pflüger*'s Arch. LXV.
[2]) Zeitschr. f. Biol. XXXVIII, S. 414.

nungswärme sind ferner Cholestearin, bei welchen ich in einem Falle pro 1 *g* 9883 Cal. fand, die Cholalsäure (bei 98° getrocknet) mit 8·003 Cal. Die organischen Theile der Ochsengalle lieferten pro 1 *g* 7·614 Cal.

Als Verunreinigungen kommen namentlich Haare in Betracht, deren Beimengung nicht ganz zu vermeiden ist. Haare lufttrocken geben etwa 5·116 Cal. pro 1 *g*.

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass man also bei solchen Betrachtungen über calorimetrische Fragen nicht wahllos und beliebig Aetherextract mit wahren Neutralfetten identificiren darf und dass hier also grosse Unterschiede vorliegen.

Wer die falsche Annahme macht, dass das Fleischfett in den Koth übergeht, müsste consequenterweise auch die Verbrennungswärme dieses Extractes aus Fleisch zugrunde legen, nicht aber einfach „Fett".

Die dritte Annahme *Pflüger*'s ist gleichfalls unrichtig. Sie betrifft den N-Gehalt des Kothes, auf welche Grösse dann die unrichtige Verbrennungswärme des Kothes bezogen wird.

In meiner Abhandlung habe ich den N-Gehalt des betreffenden Kothes zu 6·92% angegeben; es hat niemand ein Recht, statt dieser Zahl beliebig eine andere anzunehmen. Wenn daher *Pflüger* einen um fast 100% höheren, nämlich 13·1% — auf fettfreiem Koth also 15·8% — einsetzt, so ist das ein so ungewöhnliches Verfahren, dass man darauf verzichten könnte, weiter darauf einzugehen. Ich habe nicht nöthig, meine Angaben über den N-Gehalt irgend einer Substanz bezweifeln zu lassen. Fleischkothsorten, welche so hohe N-Zahlen wie die *Pflüger*'schen aufweisen, habe ich nie bei normaler Verdauung beobachtet.

Auf fett- und aschefreie, organische Substanz berechnet, schwanken die Zahlen bei verschiedenen Thieren wischen 9·98 bis 11.88%.

Die Correcturen, welche *Pflüger* an meinen zur Feststellung der Standardzahl für Fleisch gegebenen Grundlagen vorgenommen hat, sind sämmtlich unzutreffend. Es ist unbegreiflich, wie die Kritik dies fast allgemein bisher hat übersehen können und wie man diese Correcturen als Verbesserungen hat hinnehmen können. Es liegt doch objectiv, auch wenn man der Anschauung ist, dass aus Eiweiss kein Fett sich bilden könne, wie *Pflüger* meint, nicht der geringste Anlass vor, den Aetherextract des Fleischkothes etwa als einen Gegenbeweis für diese Lehre anzusehen.

Bei Aufstellung meiner Standardzahlen habe ich auch zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass wir vom thermochemischen Standpunkte aus den verschiedenartigen Aggregatzustand zu berücksichtigen haben. Die Eiweissstoffe, der Harn, der Koth sind mit Wasser durchtränkt oder in letzterem gelöst. Die Eiweissstoffe entwickeln beim Quellen Wärme; davon kann man sich leicht überzeugen, nur ist es schwer, einen ganz exacten Versuch in dieser Richtung anzustellen.

Ich habe daher nach analogen Verhältnissen für das Eiweiss wenigstens diese Grösse geschätzt.[1])

Pouillet hat zuerst auf diese Vorgänge die Aufmerksamkeit gelenkt. Auch bei der Berührung von Pulvern mit Wasser und Salzlösungen treten solche positive Wärmetönungen auf, wie *Gore* gezeigt hat, die Wahl der benetzenden Flüssigkeit bedingt Verschiedenheiten in der Grösse des Wärmezuwachses.[2]) Weitere Angaben liegen von *Martini*[3]) vor. 1 *g* Kieselerde entwickelte bei Benetzung 13·7 Cal., 1 *g* Kohle 14·4, also recht erhebliche Grössen.

Nägeli hatte gefunden, dass 40 *g* Stärke + 40 *g* Wasser eine Temperaturerhöhung von 11·6° geben, woraus ich die Quellungswärme zu 0·5% der Verbrennungswärme abgeleitet hatte. Nach neueren Versuchen von *H. Rodewald*[4]) liefert 1 *g* im Vacuumexsiccator getrocknete Stärke 23·6 und 1 *g* lufttrockene (16·4% Wasser) 2·5 *g* Cal., woraus sich für den ersten Fall eine mit den *Nägeli*'schen Angaben gute Uebereinstimmung (0·57% der Gesammtwärme) ergibt.

Für den Koth kann man bei seiner geringen Menge, wie er als Abfallsproduct entsteht, auf eine Correctur verzichten. Anders bei dem Harne. Die Lösungswärme des Hauptbestandtheiles des Harnes, des Harnstoffes, hat, wie ich zuerst nachgewiesen habe, einen ziemlich erheblichen Werth. Durch etwaige positive Wärmetönungen anderer Substanzen wird diese Wärmeabsorption im Harngemische selbst nicht abgeglichen. Die Lösungswärme des Harnstoffes macht 2·4% der Verbrennungswärme des trockenen Harnstoffes aus.[5])

Von dem Nutzeffect des trockenen Fleisches oder Eiweisses kommen unter Berücksichtigung dieser Umstände nach meinen Bestimmungen und Schätzungen rund 5 Cal. pro 100 *g* Substanz in Wegfall, annähernd demnach 1% des ganzen Werthes.

Für die Stoffwechselergebnisse ist es natürlich bei den Fehlern, mit welchen man beim Thierexperimente überhaupt rechnen muss, ziemlich gleichgiltig, ob man diese Correctur für die feuchten Stoffe machen will oder nicht, aber sie wird vom theoretischen Standpunkte gefordert und es ist bis jetzt nicht bewiesen, dass meine Nährungszahl unzutreffend ist.

Ich halte den physiologischen Nutzeffect des Fleisches durch meine älteren Versuche für vollkommen sichergestellt. Es hat sich inzwischen im Laufe der 16 Jahre auch keine Thatsache ergeben, welche eine Aenderung der Anschauungen nöthig machte, noch auch halte ich die Aenderungen der Methodik für wesentliche Momente. Indes ist schliesslich eine Wiederholung meiner Experimente, wenn

---

[1]) l. c. S. 307.

[2]) Philos. Mag. 1894, Ser. 5, Vol. XXXVII, p. 306.

[3]) Il nuovo cimento 1897, Ser. 4, T. VI, p. 58 und ib. 1898, Ser. 4, T. VII, p. 396.

[4]) Zeitschr. f. phys. Chemie 193 bis 218, XXIV.

[5]) *Rubner*, Zeitschr. f. Biol. Bd. XX, S. 414.

auch nach meiner Meinung eine unnöthige, aber keineswegs so unbequeme und schwierige Aufgabe, als dass man von ihr absehen musste.

Zu neueren Untersuchungen bediente ich mich der inzwischen eingebürgerten *Berthelot*'schen Bombe.

Die calorimetrische Methodik, so weit dabei die *Berthelot*'sche Bombe in Betracht kommt, habe ich in jüngster Zeit an anderer Stelle berührt und namentlich betont, dass die Ueberschwänglichkeit, mit der manche Autoren,[1]) welchen die Erfahrung mit anderer Methodik fehlt, für die mit der Bombe erhaltenen Resultate eintreten, nicht gerechtfertigt ist.

Eine Reihe von Fehlerquellen hat man namentlich bei den Arbeiten mit Substanzen, wie sie für physiologische Zwecke nöthig sind, sehr wohl zu beachten.

Den namentlich von *Zuntz* erhobenen Einwand, dass die früher mit dem *Thompson*-Calorimeter angestellten Versuche zu kleine Werthe geben, habe ich schon an anderer Stelle als unzutreffend erwiesen. Die calorimetrische Bombe leistet nicht mehr als die Chloratmethode. *Stohmann*'s Zahlen erwiesen sich allerdings als etwas kleiner, das liegt aber nicht in der Methode unabänderlich begründet, sondern in der Ausführung. Ich habe mehrfach dasselbe Material nachgeprüft, ohne zu anderen Resultaten zu gelangen. Nur ist, wie ich schon betont, das Arbeiten nach *Berthelot* bequemer.

Die beiden Methoden stimmen sehr gut überein, was als Differenz gilt, sind mehr die Wirkungen der chemischen Analysen. Die Wasserbestimmung, beziehungsweise die Trocknung, die Ascheanalysen stimmen sicher bei verschiedenen Beobachtern nicht völlig überein, weil auch bei genauen Arbeitern doch kleine Eigenheiten in den analytischen Verfahren vorkommen.

Differenzen im physiologischen Nutzeffecte des Fleisches, wenn sich solche ergeben sollten, können meiner Anschauung nach am ehesten durch die Art und Dauer der Fettextraction bedingt sein. Es ist aber nicht zulässig, fetthaltiges Fleisch zu untersuchen und von der Verbrennungswärme desselben diejenige des Aetherextractes, diesen als Fette betrachtet, abzuziehen. Fleischsorten, welche nur 2 bis 3% Fett enthielten, gaben pro 1 *g* dieser Extracte, wie erwähnt, nur 8·2 Cal. an Verbrennungswerth. Zieht man, wie dies auch von mancher Seite geschehen ist, den Wärmewerth reinen Fettes ab (9·48), so erhält man zu kleine Verbrennungswerthe für das Fleisch.

Noch weniger kann man das, was nach dem *Dormeyer*'schen Verfahren als „Fett" gewonnen wird, als solches in Rechnung stellen, denn in späteren Auszügen aus dem Fleische erhält man in diesem Extracte oft 7 bis 8% N.

Betreffs der Untersuchungen des Harnes kann ich auf einige vor kurzem andererseits gemachte Angaben verweisen.[2])

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. Bd. XLII.
[2]) Zeitschr. f. Biol. Bd. XLII.

Das Eindampfen unter Oxalsäurezusatz, deren Menge ich nach dem N-Gehalte des Harnes berechne, ist die einfachste, bequemste und sicherste Methode.

Man hat gegen das einfache Abdampfen und Bestimmen des Rückstandes den Einwand gemacht, dass dabei keineswegs nur Harnstoff zu Verlust gehe, und nicht dieser allein als Correctur berechnet werden können.

Aber auch dieser Einwand ist absolut unbewiesen, denn thatsächlich bleibt, wenn man das Destillat des Harnes eindampft, eine Substanz zurück, die eben Ammoniaksalz ist, wie man durch Verbrennung zeigen kann, und ausserdem ist in neuester Zeit von *Krummacher* dargethan worden, dass bei einer solchen Eintrocknung des Harnes bei seinen Versuchen überhaupt nur das präformirte Ammoniak übergegangen ist.[1])

Manche Harne können sich aber doch verschieden verhalten, speciell die sehr verdünnten Menschenharne geben erhebliche Destillate; ich habe zwar dabei nie bestimmt, wie viel präformirtes Ammoniak vorhanden war, aber die übergegangenen N-Mengen sind viel zu gross, um eine Zersetzung des Harnstoffes zu verneinen.

Wenn man bei verschiedenen Mengen an Fleischzufuhr Untersuchungen des Kothes ausführt, so schwanken diese Mengen in weit engeren Grenzen als die Fleischzufuhr, wie *Voit* zuerst erwiesen hat. Dies ist natürlich, da ja auch im Hungerzustande noch Koth gebildet wird. Ich habe daher es für zutreffender gehalten, den Fleischkoth nicht als etwas aufzufassen, was mit dem Futter allein zusammenhängt, sondern als ein Product des Eiweissumsatzes. Wie sehr der Eiweissumsatz einwirkt, kann man am besten bei verhungernden Thieren sehen, wenn am Ende der Hungerreihe die Eiweisszersetzung plötzlich ansteigt. Man findet dann auch ein Steigen der mit dem Kothe zu Verlust gehenden Substanzen.

Neben den Umsatzproducten, die sich im Darm ansammeln, haben wir es mit constanten Mengen abgeschilferter Epithelien aus dem Munde, Oesophagus, Magen und Darm, sowie Haaren zu thun, deren Masse von der Grösse des Thieres abhängig ist, und die sich nur annähernd schätzen lässt.

Wenn man daher den Koth als Umsatzproduct kennen lernen will, so muss man eine reichliche Fleischmenge geben, so dass die unvermeidlichen Fehler der Kothbestimmung womöglichst klein werden, und diese von der Umsetzung unabhängigen Ausscheidungen in der Rechnung zurücktreten. Diese Erwägungen, die ich für so selbstverständlich hielt, dass sie jedem einigermassen kritisch Denkenden von selbst kommen werden, was leider nicht eingetreten ist, haben mich bestimmt, den Energieverlust mit dem Koth bei einer Nahrungsmenge zu bestimmen, die den täglichen Bedarf annähernd deckte.

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. XLII, S. 246.

Wird weniger an Eiweiss zugeführt, dann sind die directen Verluste im Kothe nach relativer Zahl allerdings etwas grösser, aber die absoluten Zahlen werden, wenn man vernunftgemäss rechnet, immer kleiner und verschwindend klein.

Wenn man statt ein Thier nur mit Eiweiss ganz zu erhalten, demselben nur ein Zehntel dieser Menge gibt, so betheiligt sich der Koth am Gesammtverluste der Energie statt mit 3·6% eben mit 0·36%, so dass man ebenso ihn gut, ohne die Rechnung praktisch zu gefährden, ganz ausser Rechnung lassen könnte, zumal die Untersuchungen über den Stoffumsatz, weil das Thier eben keine Maschine ist, die absolut genau ihren Gang geht, mit 2%, gelegentlich auch mehr, an Ungenauigkeiten zu rechnen haben.

Es ist also durchaus unwahrscheinlich, dass der Energiewerth des N im Fleische ein mit der Menge der verzehrten (und zersetzten) Nahrung schwankender sei.

An Stelle müssiger Berechnungen und Speculation will ich die direct gewonnenen Zahlen anführen. Ich habe bei einem Hunde Fleischmengen, die ungefähr um das Zehnfache verschieden waren, gefüttert. Die grosse Menge brachte einen gewaltigen Ueberschuss an Eiweiss dem Körper zu, die kleine deckte nur einen Bruchtheil des Bedarfes bei 33°, bei mittleren Temperaturen noch weniger.

Fleisch, Harn, Koth sind direct chemisch und calorimetrisch untersucht.

Es ergab sich Folgendes:

I. 739 *g* trockenes Fleisch × 5·327 = 3937 Cal. geben Koth mit 93·06 Cal.

II. 729 *g* trockenes Fleisch × 5·532 = 403 Cal. geben Koth mit 11·5 Cal.

Im ersten Falle werden 2·37, im zweiten 2·85 der Cal. mit dem Kothe verloren.

I. Im ersten Falle trafen auf den Harn 795·6 Cal.
auf Koth 93·1 „
888·7 Cal. als Verlust.

II. Beim Versuch II 76·7 für Harn
11·5 „ Koth
= 88·2 im Ganzen als Verlust.

Demnach wäre der Gesammtverlust an Energie I 22·5%
II 21·8%.

Also minimale Unterschiede im physiologischen Nutzeffecte, gleichgiltig, ob grosse oder kleine Mengen gefüttert werden. Die Differenz schwindet aber noch weiter, wenn man die beiden Fleischsorten, die ungleichen Fettgehalt hatten, auf fettfreies Fleisch berechnet; dies ist zulässig, da ja die kleinen Fettmengen gar keinen Einfluss auf die Zusammensetzung von Harn und Koth haben.

Auf fettfreies Fleisch[1]) gerechnet erhalte ich bei I 24·2%
II 24·6%

Verlust an Spannkraft = I 75·89 als Nutzeffect
II 75·49 „ „

In meiner Veröffentlichung des Jahres 1885 habe ich an einem grossen Thiere gefunden:[2])

Verlust	24·3%
Nutzeffect	75·7%

Ich habe demnach erneut bewiesen, dass meine früheren Angaben auf richtiger Basis stehen, und dass bei verschiedenen Thieren, verschiedenem Fleisch als Ausgangsmaterial und ganz verschiedener Grösse der Zufuhr die Werthe für den physiologischen Nutzeffect die gleichen sind. Dieser Nutzeffect ist also weder von dem Thiere abhängig, denn die neuen Experimente sind an anderen Hunden angestellt als die früheren Versuche, er ist auch nicht von den Mengen der gefütterten Substanz abhängig, und endlich auch nicht von der calorimetrischen Methodik; denn diese waren in beiden Fällen der älteren Versuche und der neueren verschieden, früher die Chloratmethode, jetzt die *Berthelot*'sche Bombe.

Das Ergebnis hat mich umsoweniger gewundert, als man hinsichtlich der physiologischen Nutzeffecte des Fleisches beim Menschen fast dieselben Werthe wie beim Hunde erhält.

Nutzeffect beim Menschen	76·8%
„ „ Hunde[3])	75·6%

Das ist eine so vorzügliche Uebereinstimmung zwischen Omnivoren und Fleischfresser, dass mir die Annahme einer durchgreifenden gleichartigen Verwerthung des Muskelfleisches beim Säugethiere überhaupt nicht mehr unwahrscheinlich klingt.

Wir haben es jedenfalls beim Hunde mit einer Constante zu thun, deren einheitliche Grösse einer Berechnung der Wärmeerzeugung aus dem N-Umsatze die grösste Sicherheit bietet.

Dies gilt aber eben nur für längere Versuchsreihen, für kurze Perioden der Beobachtung bietet die N-Ausscheidung keine Gewähr des Masses für den wirklichen Umsatz.

Es hat sich also nach jeder Richtung hin gezeigt, wie unrichtig und unnöthig die kritischen Bemerkungen waren, welche man vom Schreibtische aus an meinen grundlegenden Berechnungen der Standardzahl für Fleisch geübt hat, und dass meine Ergebnisse nach jeder Richtung voll den Thatsachen entsprechen, das dürfte um so beach-

---

[1]) Ohne Quellungswärme und Verlust für Lösungswärme des Harnes.
[2]) Für die feuchten Substanzen.
[3]) 75·8, 75·4, 75·7 } 75·6

tenswerther sein, als sie zu einer Zeit gemacht wurden, als die von mir inaugurirte Methodik noch eine völlig neue war, und die Schwierigkeiten der Ausführung eine viel grössere als sie heutzutage, nach fast 20jähriger umfangreicher Erfahrung, jedermann zu Gebote stehen.

So weit später directe calorimetrische Untersuchungen am Thier eingestreut sind, bediente ich mich meines Calorimeters, welches principielle Aenderungen nicht erfahren hat. Nur hinsichtlich der Aichungsmethode habe ich die Aichung mit dem Wasserstrome verlassen, und benütze stets die Glühlampe von bekannter Spannung und bekannter Stromstärke.

Im Uebrigen hat sich in etwa 14 Jahren die Constante meines Calorimeters, wie ich mit Befriedigung sehe, nicht geändert.

Nachdem ich andernorts auch noch bewiesen, dass die auf Grund meiner Standardzahlen erhaltenen Werthe für den Energieumsatz genau mit den durch directe Calorimetrie am Thiere erhaltenen Wärmemengen übereinstimmen, halte ich die experimentelle Basis für so begründet, dass ich keinen Anlass habe, anderes zu erfahren, als ich zuerst durch meine eingehenden calorimetrischen Arbeiten dargelegt habe.

Da wir bis jetzt nur wenige eingehendere Untersuchungen des Kothes besitzen, so mag es am Platze sein, noch einige Analysen über den Koth bei Versuchshunden, namentlich mit Hinblick auf die Verbrennungswärme, sowie auch hinsichtlich einiger analytischer Daten anzuführen.[1])

Was die Zusammensetzung des Fleischkothes beim Hunde anlangt, so sind dessen Grenzen bei demselben Thiere, wie bei verschiedenen Thieren untereinander praktisch keine erheblichen. Meist liegt dessen N-Gehalt zwischen 6 bis 7%, doch kommen auch höhere Werthe vor, ich habe bei einem kleinen Hunde beobachtet:

7·0%	N	9·2%	Rohfett	20·7%	Asche	in 100	Theilen, und
7·6%	„	12·2%	„	23·5%	„	„ 100	„

Kleine Fettzugaben sind ohne allen Einfluss auf die Zusammensetzung, wie dies auch *C. Voit, Fr. Müller* u. A. angegeben haben, und wie ich selbst früher gesehen habe. Bei grösseren Gaben von Fett nimmt mit dem Fettgehalt des Kothes der N-Gehalt ab.

Bei überreichlicher Fettzufuhr sah ich:

5·46%	N	28·4%	Fett	19·7%	Asche als Zusammensetzung.

Aber ich habe den N-Gehalt auf 4·7, ja 3·2% sinken sehen. Diese Kothsorten sehen dann gelblich aus und ihr Fettreichthum kann ein Drittel des Gewichtes ausmachen.

Nicht uninteressant ist dazu der Vergleich des Kothes beim Menschen bei ausschliesslicher Fleischkost.

---

[1]) Siehe auch *Fritz Müller*, Zeitschr. f. Biol. Bd. XX, S. 327.

Ich fand früher:

6·94% N	25·73% Fett	16·27% Asche, und
6·53% „	23·51% „	12·95% „

In einem neueren Versuche:

8·25% N	14·00% Fett	14·35% Asche.

Am schwankendsten ist der Fettgehalt; beim Menschen finden sich immer Spuren nicht völlig verdauten Fleisches, das aber quantitativ nicht sehr ins Gewicht fallen kann, da der Mensch das Fleisch fast ebenso gut verwerthet wie der Hund. Fett- und aschefreie Substanz des Menschenkothes nach Fleischaufnahme geben 10·28, 11·5, 11·97% N.

In der N-, fett- und aschefreien Substanz des Kothes bei Fleisch oder Fleisch und Zucker, kleinen Gaben Fett finden sich 9·9 bis 11·9% N.

Die von *Pflüger* angegebene Zahl von 14·1% habe ich bei normalem Befinden der Thiere niemals beobachtet, vielleicht kommt sie bei wirklicher Fleischdiarrhöe vor. Sie ist höchst wahrscheinlich, wie bereits *E. Voit* nachgewiesen hat,[1]) auf einen methodischen Fehler zurückzuführen.

Da über die calorimetrische Beschaffenheit des Kothes bei Hunden wenig bekannt ist, haben die nachfolgenden Angaben vielleicht Interesse.

1 *g* organische Substanz bei Fleischkost liefert:

Mittel 6·284 Cal.

6·377	Cal.	überreichlich Fleisch,
6·127	„	Erhaltungsdiät (ältere Versuchsreihe),
6·358	„	kleine Fleischmenge, Erhaltungsdiät,
6·616	„	Hunger, Fleisch + Rohrzucker,
5·943	„	sehr wenig Fleisch.

Die Zahlen bewegen sich also nahe um 6·000 Cal. Koth. Bei ausschliesslicher Fettfütterung.

1 *g* organisch:

Mittel 7·625

7·297	
7·760	überschüssige Zufuhr,
7·819	„ „

Fütterung mit Fleisch und etwas Fett, Stärkemehl (Erhaltungsfutter) 4·875, es waren erhebliche Mengen Stärke unverdaut geblieben. Bei guter Ausnützung 5·306, bei Knochenkoth trifft auf 1 Theil organisch 5·205 Cal.

Mittelwerthe:

Für Fleischfütterung	6·284 Cal.
„ Fett allein	7·625 „
„ Fleisch, Fett und Stärke	5·306 „
„ Knochen	5·205 „

[1]) Zeitschr. f. Biol. XXXIII, S. 151.

Der menschliche Koth schwankt in seinem Verbrennungswerthe, wenn es sich um eine Nahrung handelt, die keinen grösseren Energieverlust als 8% erzeugt, und dies wird bei mittlerer Kost die Regel sein, pro 1 *g* organisch — zwischen 6·061 — 6·357 Cal. und der Fleischkoth selbst lieferte 6·403 Cal.

Der Koth zeigt nur, wenn sein makroskopisches Verhalten sozusagen bereits die ungenügende Ausnützung verräth, erhebliche Abweichungen im Verbrennungswerthe. Dies gilt offenbar auch für den Hundekoth.

Die nachfolgenden Untersuchungen bringen das umfangreichste Material, welches jemals mit dieser Methodik der vollkommenen Stoffwechselversuche und der Feststellung des Energieumsatzes gesammelt worden ist. Es ist klar, dass eine Veröffentlichung in Form von Protokollen für sich einen vollkommenen Band an Zahlenmaterial geliefert hätte. Ich glaube mich daher auf die Mittheilung der Hauptzahlen, aus denen die Ergebnisse des Stoffumsatzes und die energetische Berechnung zu ersehen ist, beschränken zu dürfen.

III. Capitel.

Ueber die Beziehungen zwischen der Menge der Nahrungszufuhr und dem Energieverbrauche.

Nach den in der Einleitung gegebenen Auseinandersetzungen haben wir es als die nächste zu schildernde Aufgabe zu betrachten, den Wirkungen einer Nahrungszufuhr nachzugehen, welche mehr bietet als eine volle Erhaltungsdiät, einen Fütterungszustand, welchen ich kurzweg abundante Kost benannt habe.

Dabei wird man im Hinblicke auf die Art der gestellten Frage den Schwerpunkt auf die energetischen Verhältnisse der Kost legen müssen, also darüber weggehen müssen, ob gerade in stofflicher Hinsicht der Eiweissverlust ganz aufgehoben ist, wie dies z. B. bei dem Studium der N-freien Stoffe nothwendig werden kann. Dann, würde man richtiger von einer abundanten Fütterung und nicht von abundanter Kost sprechen. Diese Kost steht immer in einem gewissen Gegensatze zur Erhaltungsdiät.

Das Studium aller dieser energetischen Verhältnisse wird uns durch eine Beobachtung, die ich zuerst an hungernden Thieren machte, sehr erleichtert. Ich hatte gefunden, dass bei diesen, wenn nur die äusseren Lebensbedingungen, Luftwärme und Luftbewegung, und Körperruhe gewahrt werden, der Kraftwechsel ein ganz gleichmässiger ist der mit der Masse des Thieres steigt und fällt, und dass auch dann, wenn Hungerreihen durch Fütterungstage unterbrochen werden, der Kraftwechsel [1]) zwischen Hunger- und Fütterungstagen keine Verschiedenheiten zeigt, wenn die Nahrung vom energetischen Standpunkte das in dem Hungerverbrauch ausgedrückte Nahrungsbedürfnis nicht überschreitet.

Die abundante Fütterung verhindert nicht nur den Energieverlust im Allgemeinen, sondern erzeugt einen Energiezuwachs für den Organismus. Der Grund, zwischen Erhaltungsdiät und abundanter Kost zu scheiden, lag für mich weniger in der Thatsache des Stoffanwuchses, obschon auch diese Verhältnisse für das Thier bedeutungsvoll werden können, als vielmehr in anderen Aeusserungen

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. XIX, S. 323.

des Energieverbrauches. Ich hatte beobachtet, dass die Nahrungszufuhr auch sofort den Energieumsatz des ganzen Tages erhöhen kann. Diese erste Beobachtung wurde dann später durch die erwähnten vorläufig mitgetheilten Ergebnisse für jedwede Art der abundanten Kost bestätigt.

Dabei war aber die Voraussetzung, dass es sich um Experimente handle, die den üblichen Versuchsbedingungen mittlerer Lufttemperatur entsprechen. An diesen Bedingungen haben wir vorläufig festzuhalten; wir werden später freilich noch weitere wichtige Umstände, die eine Abweichung davon zeigen, kennen lernen.

Die Scheidung in Erhaltungsdiät und abundanter Kost ist praktisch von grosser Bedeutung. Sie hat sich erst durchführen lassen, seitdem auf die energetischen Verhältnisse der Kost Werth gelegt worden ist, und dazu beigetragen, die Ausführung von Ernährungsversuchen am Thiere und am Menschen klarer und übersichtlicher zu gestalten und einen bis dahin unbekannten störenden Factor auszuschalten, der vielfach in den älteren Versuchen, wie wir jetzt sehen, beigetragen hat, wichtige Vorgänge zu verdecken und zu verschleiern. Dieser Factor war die meist ganz willkürliche Bemessung der Kostzufuhr. Die Kost muss in einem bestimmten Verhältnisse zum Bedarfe des Thieres stehen, wenn man vergleichbare Resultate erhalten will, das hat man jetzt wenigstens überall als ein wichtiges Moment im Ernährungsexperimente anerkannt.

Es war nothwendig, diesen Begriff einzuführen, das ist natürlich erst möglich geworden, seitdem man durch meine Untersuchungen zur Aufstellung eines Gesammtstoffwechsels und Kraftwechsels gelangt ist. Die Scheidung in genügende und den Bedarf überschreitende hat, was sich zeigen wird, eine wichtige methodische Bedeutung.

Sie ist ein biologisches Mass, welches über die individuellen Wirkungen hinaus eine Anwendung in der Ernährungsphysiologie erlaubt, und in dem sie die jeweilige Lebensintensität als die Vergleichseinheit betrachtet, ein Mittel, unabhängig von der Körpergrösse, die vorliegenden Fragen zu behandeln. In absoluter Zahl ist natürlich der „Bedarf" etwas Grundverschiedenes, aber es wird sich zeigen, dass die auf diesen Bedarf in relativer Zahl bezogenen Energiemengen dieselben Veränderungen hervorrufen.

Auf diese alle unsere Untersuchungen erleichternden Darstellungen der Ernährungsverhältnisse muss ich einen ganz besonderen Nachdruck legen.

Ueberschuss, Gleichgewicht, partielle Inanition sind Vorgänge, die nicht nach der absoluten Grösse der Nahrung, zu beurtheilen, sondern immer nur relative Grössen im Verhältnisse zu den Anforderungen der natürlichen Lebensprocesse darstellen.

Die Verhältnisse bei abundanter Kost sind viel complicirter als die einfachen Vorgänge, bei denen es sich nur um eine isodyname

Vertretung der Nahrungsstoffe oder Körperstoffe durch Nahrungsstoffe handelt, wobei der Energieinhalt das einzig Ausschlaggebende darstellt.

Abundante isodyname Mengen verschiedener Nahrungsstoffe wirken ausserordentlich ungleich auf den Energieumsatz ein; am energischesten steigernd das Eiweiss.

Wenn uns auch durch meine Untersuchungen bereits ermöglicht wurde, ohneweiters die eingangs gestellte Frage theilweise zu beantworten, so sind die sich daran knüpfenden Consequenzen doch zu weittragender Natur, um nicht eingehender und ausführlicher, als es bisher geschah, behandelt zu werden. Die Beziehungen zwischen Energieumsatz und Nahrungszufuhr bieten weit schwierigere Verhältnisse, wenn man auf eine genaue quantitative Erkenntnis durchdringen, die eigenartige specifische Wirkung der Nahrungsstoffe erkennen und nutzbringend verwerthen will.

In diesem Gegensatze der Schilderung zwischen der Erscheinung der Unterernährung oder des Nahrungsgleichgewichtes zu der nach einer diese Grenzen überschreitenden Ernährung liegt der Kernpunkt der nachfolgenden Untersuchungen. Wenn durch eine vorläufige Mittheilung einiger Resultate mein Standpunkt auch manchen Fachgenossen bekannt geworden ist, so sind doch die Materialien, einerseits nicht im entferntesten in vollem Umfange mitgetheilt, noch auch sind die Schlussfolgerung in ihrer vollen Tragweite gezogen und ebensowenig die von mir gefundenen Ergebnisse gebührend berücksichtigt worden.

Wenn wir aber den Gegensatz der Erhaltungsdiät und Ueberernährung in dem eben auseinandergesetzten Sinne behandeln und das Fehlen oder das Hervortreten einer Mehrproduction von Wärme nach Nahrungszufuhr als ein Zeichen der Verschiedenheiten ansehen, welches die beiden Zustände scheiden kann (aber nicht immer scheiden muss!), so behaupten wir eine Thatsache. die vielleicht auch heute noch nicht allgemein anerkannt wird, zu der Zeit aber, als sie zuerst ausgesprochen wurde, jedenfalls den allgemeinen Anschauungen über den Stoffwechsel widersprach.

Nicht in dem Umstande, dass bei Ueberernährung sich eine Mehrung der Wärmebildung zeigen kann, lag das Abweichende der Ergebnisse, als vielmehr in dem häufigen Fehlen jedweder Mehrung des Energieverbrauches nach Nahrungsaufnahme.

Ehe ich an eine Darstellung des Versuchsmateriales gehen kann, muss ich diese Frage vorerst einer kurzen historischen Betrachtung unterwerfen.

Hunger und Nahrung bedeuten einen gewaltigen Umschwung in den Empfindungen; mit der Nahrungsaufnahme steigt sofort das Kraftgefühl, die fröstelnde Kühle des Hungernden beginnt zu weichen, die Stimmung, die Arbeitslust und die Arbeitskraft hebt sich. So wird niemand leugnen wollen, dass der genährte Organismus ein leistungslustigerer, ein aber auch leistungsfähigerer ist als der hungernde. Dieser Wechsel der Scenerie zwischen Hunger und Nahrung muss

seinen Ausdruck finden in dem materiellen Theile des Ernährungsvorganges, wenn schon die psychischen Aenderungen nicht als die nebensächlichen erscheinen.

Indes ist die Umstimmung von Hunger zur Sättigung nicht überall gleich hervortretend wie bei dem Menschen. Bei vielen Thieren ist ein mehrtägiger Hunger ein Ereignis, welches den Charakter einer häufig wiederkehrenden Episode an sich trägt; und so auch bei dem Hunde. Eine kurze Hungerzeit und die nachfolgende Fütterung bringen ihn nicht aus dem psychischen Gleichgewicht.

Welche Folgen hat die Nahrungszufuhr aber dann, wenn das äussere Gebahren eines Organismus anscheinend keine Reaction auf ein Mehr oder Minder in der Kost erkennen lässt? Der Act der Nahrungsaufnahme erscheint so unlöslich mit dem normalen Ablauf des Lebensprocesses verbunden, und die Nahrung als Quelle des Energieumsatzes so wichtig, dass eine auf die Nahrungsaufnahme folgende Steigerung des Energieumsatzes durch innere Arbeit der Zellen eine allgemein verständliche Basis für die Erklärung von Stoffwechselvorgängen bilden dürfte. Wird durch die Nahrung der Lebensprocess energischer, wie etwa die Kohle den Rest eines glimmenden Feuers zu entflammen vermag?

Im Allgemeinen liess sich an der Hand der älteren Versuche eine Stütze dafür finden, dass Nahrungsaufnahme eine Mehrung des Umsatzes bedeutet.

Aber schon die Frage, wie man eigentlich die Steigerung der Lebensintensität zu beurtheilen in der Lage sei, konnte in der älteren Literatur als eine völlig controverse gelten. Meist hat man sich selbstverständlich zunächst den Studien der Respiration zugewandt, der Kohlensäurebestimmung in mehr oder minder vollkommener Form, der Sauerstoffzehrung, doch kamen auch gelegentlich andere Methoden zur Anwendung.

Zur Zeit, als ich meine Untersuchungen begann, konnte es als eine ausgemachte Thatsache gelten, dass die Nahrungszufuhr auch den Verbrauch an Stoffen, die Kohlensäureausscheidung, die Sauerstoffzehrung, der Wärmebildung mehre, und zwar galt es ziemlich als selbstverständlich, dass eben gerade dem Hunger gegenüber der genährte Organismus einen entsprechenden Mehrverbrauch besitzt.

Für eine solche Beeinflussung sprachen eine Reihe von Beobachtungen. So liessen sich z. B. aus den Versuchen von *Regnault* und *Reiset* zahlreiche Beispiele für einen durch den Fütterungszustand der Thiere beeinflussten Sauerstoffconsum entnehmen.

Aehnliches liess sich aus den Untersuchungen *Bidder*'s und *Schmidt*'s[1]) schliessen, wenngleich ihre Methodik zu manchen Einwendungen Veranlassung geben konnte. *Ranke* hatte einige Ernährungsversuche an sich selbst angestellt und nach den Bestimmungen der

---

[1]) Verdauungssäfte und der Stoffwechsel, S. 321 ff.

Verbrennungswärme der Nahrungsmittel von *Frankland* die bei verschiedener Kost entwickelte Wärme abgeleitet, welche einen höheren Werth ergeben als die beim Hungernden berechnete Wärmeproduction ausmacht. Nach dem Vorgange *Ranke*'s[1]) rechnete *v. Hösslin*[2]) die Versuche von *Pettenkofer* und *Voit* am Hunde und Menschen in calorische Werthe um. Auch hier ergaben sich etwa wie bei *Ranke* für gemischte Kost und Eiweisskost höhere Wärmewerthe als beim Hunger. *Senator* beobachtete beim gefütterten Hunde eine vermehrte Wärmebildung bei directer calorimetrischer Messung.

Speck sah in sehr kurz dauernden Versuchen eine vermehrte Sauerstoffzehrung nach der Mahlzeit, aber unabhängig von der Art der Zufuhr auftreten.

Aehnliche kurz dauernde Versuche waren auch von *Mering* und *Zuntz* am Thiere ausgeführt worden, bei welchen sie sowohl nach Nahrungszufuhr als auch nach anderen Eingriffen auf den Darm eine Mehrung der Sauerstoffzehrung fanden.

Alles in allem genommen war man davon überzeugt, dass die Nahrungsaufnahme eine Vermehrung des Umsatzes, der Ausscheidung der Respirationsproducte nach sich führen müsse.

Auch die Grösse der Wirkung wurde von manchen als sehr erheblich und bedeutend angenommen.

Es konnte daher auch für mich selbst als ein Novum gelten, dass solch eine den Energieumsatz steigernde Wirkung bei meinen Versuchen über die isodyname Vertretung der Nahrungsstoffe bei Thieren so gut wie nicht hervortrat.

Die Wärmemengen an den Hungertagen und den Fütterungstagen waren bei meinen Thieren, wenn man von Kleinigkeiten absieht, ganz dieselben und die Art der gereichten Stoffe, Eiweiss, Fett oder Kohlehydrate, ganz nebensächlich.

Von einem so einfachen Zusammenhange, wie der allgemein angenommene Satz, „Nahrung mehrt die Verbrennung", war, konnte unter keinen Umständen die Rede sein.

Und ich hielt mich namentlich unter Bezug auf einige orientirende Versuche anderer Art zu der Annahme berechtigt, dass in den Thierexperimenten der anderen Autoren entweder Täuschungen durch die Methodik oder dadurch, dass man uncontrolirte zu reichliche Nahrungsmengen, deren wärmemehrende Wirkung ich zeigte, verabreicht habe, unterlaufen seien.

Betrachtet man das ältere Beweismaterial näher und kritisch, so muss man sich überzeugen, dass es zur Lösung der gestellten Frage nichts weniger als geeignet war.

Die Experimente waren unter ganz verschiedenartigen Bedingungen, die sich oft gar nicht vergleichen liessen, angestellt, oder

---

[1]) Physiologie des Menschen 1875, S. 567.

[2]) *Virchow*'s Arch. 89, S. 333 ff.

nahmen eine Methodik zu Hilfe, welche zur Messung des Kraftwechsels, auf den es allein ankam, gar nicht geeignet war.

Um die den Umsatz steigernde Wirkung der Nahrung zu zeigen, wurden oft Hungerversuche und Ernährungsversuche verglichen, die Monate und Jahre auseinander liegen. Die Nahrungsaufnahme erstreckte sich auf Tage und Wochen, wodurch der Ansatz von Stoffen Gelegenheit zur Mehrung der Körpersubstanz gegeben hatte. Der Wechsel des Körpergewichtes, die Unterschiede der Lufttemperatur wurden ganz beiseite gelassen. Die Nahrungsmengen wurden ganz willkürlich gewählt, da man noch keine Anhaltspunkte dafür hatte, wie die Nahrung für ein Thier zu bemessen sei. Viele der Ergebnisse erklären sich ganz einfach daraus, dass man den Thieren sehr grosse Nahrungsmengen reichte, oder dass man sie ganz beliebig sich mit Futter versehen liess.

In manchen Versuchen war auch nicht beachtet worden, ob die Thiere ihr Futter vor oder während der Experimente verzehrten, man hat den Thieren die Kost mit in die Untersuchungsapparate gegeben, womit allerlei Unruhe verbunden ist, Muskelbewegungen aller Art, nicht nur die Kauarbeit geleistet worden sein mag.

Theils handelte es sich um Experimente, die an Menschen, theils um solche, welche an Thieren angestellt waren; wie sich später zeigen wird, lassen sich solche Ergebnisse gar nicht unmittelbar in Vergleich ziehen.

So weit man nur aus dem Verhalten der Respiration Schlüsse zog kam in Betracht, dass eine Aenderung der Sauerstoffzehrung oder der Kohlensäureausscheidung nach Nahrungsaufnahme noch immer nicht eine wirkliche Zunahme der Energie der Lebensprocesse bedeutet.

Auch die Art, die Intensität der Stoffwechselvorgänge zu messen, kann mitunter unsicher sein. Am häufigsten benützt man noch immer das von *Lavoisier* zuerst angewendete Verfahren der Bestimmung der Sauerstoffzehrung. So brauchbar diese Methodik manchmal sein kann, gerade bei wechselnder Zersetzung im Körper, wenn Eiweiss, Fette, Kohlehydrate sich ablösen, oder gar wenn Zersetzungsvorgänge, Ansatz und Organbildung mitspielen, wird sie sehr ungenau.

Der calorische Werth des O kann nach meinen Berechnungen[1]) volle 18·6% verschieden sein. Wenn nach Fleischgaben Rohrzuckergaben folgen, ist bei letzteren die erzeugte Wärme trotz gleichbleibenden O-Consumes von 18·6% höher zu nehmen. Bei gleicher Wärmebildung würde bei Eiweiss am meisten O verbraucht, bei Fett etwas weniger, am wenigsten bei Zucker.

Noch grösser werden die Differenzen für den Fall, dass man die Kohlensäure als Mass für die Wärmebildung nimmt, bei gleicher Kohlensäureausfuhr können die Wärmemengen um fast 30% verschieden sein.[2])

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. XXI, S. 363.
[2]) Zeitschr. f. Biol. ibid., S. 362.

Es ist also kaum möglich, aus solchem Experimente einen irgendwie bindenden Schluss zu ziehen. Wenn nach Hunger Eiweiss oder Zucker verabreicht wird, muss allemal die Kohlensäureausscheidung steigen, auch wenn noch keine erhöhte Wärmeproduction eintritt.

Dort, wo man die Wärmebildung an der Hand der Verbrennungswärme zu berechnen versuchte, hat man vielfach dadurch fehlerhafte Resultate erhalten, dass die alten Bestimmungen der Verbrennungswärme namentlich des Eiweisses mit groben Fehlern behaftet waren.

Dazu kam aber noch, dass man bei derartigen Zusammenstellungen über die Wirkung der Nahrungsaufnahme Dinge, welche überhaupt nicht in eine Parallele gestellt werden können, miteinander verglich. Die einen Versuchsreihen waren volle 24stündige Tagesversuche, die anderen Experimente von Stunden bis herab zu wenigen Minuten. Man muss diese Verschiedenheiten der Methodik aber scharf auseinander halten.

Hier können zwei differente Fragen gestellt werden, einmal die, ob die Wirkung der Nahrungsaufnahme praktisch und im Verhältnis zur Gesammternährung besonders zu berücksichtigen ist; ob wir mit Rücksicht auf sie die Nahrungsversorgung besonders einzurichten haben. Ob ein bestimmtes Mehr an Nahrungsstoffen zugesetzt werden muss, um ein Stoffgleichgewicht herzustellen und in welchem Masse.

Andere Aufgaben, eine andere Methodik und andere Experimente würde aber die Frage erfordern, wenn man für kurze Zeitperioden eine vorübergehende Wirkung der Nahrungsaufnahme, eine Episode im Laufe unserer Lebensfunctionen während eines Tages nachweisen wollte, so wie man die Tagesmittel des Körpers aus dem täglichen Gange der Temperatur zu schildern versuchte.

Offenbar beziehen sich unsere persönlichen Erfahrungen alle mehr auf diese periodischen Bewegungen des Umsatzes im Laufe des Tages, von denen wir aber freilich nicht wissen, inwieweit sie durch compensirende Einflüsse wieder abgeglichen werden.

Meine Untersuchungen beziehen sich wesentlich nur auf die erste Aufgabe, nur auf das quantitative Moment in Bezug zum Gesammtstoffwechsel eines Tages.

Indem man diese beiden eben berührten Gesichtspunkte nicht geschieden hat, wurde eine unnöthige Verwirrung in die Frage hineingebracht und Differenzen heraufbeschworen, welche sich hätten vermeiden lassen und zur Klärung der Verhältnisse, richtig angewendet, beigetragen hätten. Ich will die Wirkung der Nahrung stets nur insoweit schildern, als durch sie der Gesammtkraftwechsel eines ganzen Tages wesentlich beeinflusst wird und sich im täglichen Kostmass praktisch geltend macht. Dieser wichtige Gesichtspunkt hat es auch nothwendig gemacht, die viel mühsamere Methodik voller Tagesversuche beizubehalten. Sie ist aber die zuverlässigere und sicherere

und wiegt dadurch die Mühe und Plage und das Zeitraubende der Versuche völlig auf.

Die kritische Betrachtung des in seiner Fülle anscheinend erdrückenden älteren Materiales lässt dieses also mehr und mehr zusammenschmelzen, und es ist nachträglich meist nicht mehr möglich, zu sagen, welche Tragweite den einzelnen Untersuchungen zukommt. Dies umsoweniger, als, wie wir später sehen werden, die Energiewirkung der Nahrung eine sehr complicirte Frage darstellt.

Meine schon früher mitgetheilten Untersuchungen haben bewiesen, dass unter Zugrundelegung des Gesammtkraftwechsels eine Steigerung desselben durch Nahrungszufuhr unter den gewöhnlichen Versuchsbedingungen nur bei Ueberschuss der Kost eintritt. In letzterem Falle allerdings kann die Steigerung des Energieumsatzes sehr erhebliche Werthe bis 50% betragen, was eine enorme Aenderung der physiologischen Function bedeutet. Erst durch diese Versuche, welche den Kraftwechsel bei den Betrachtungen zugrunde legten, und bei welchen jede Aenderung der äusseren Bedingungen und des Körperzustandes durch unmittelbare Aufeinanderfolge der Hunger- und Nahrungsversuche ganz vermieden worden war, konnte die Wirkung der Nahrung auf den Energieumsatz als bewiesen angesehen werden. Die Wirkung der Kost erwies sich aber zugleich als eine specifische, verschieden nach der Eigenart der Nahrungsstoffe.

Wir werden im Folgenden die Beweise für diese den Energieumsatz steigernde Wirkung der Nahrung noch eingehender prüfen, namentlich nach der quantitativen Seite hin. Die Thatsachen sind ja ausserordentlich bedeutungsvoll für die Theorie der Ernährung überhaupt, sie haben durch weitere Experimente, auch was nur die bis jetzt angeregten Gesichtspunkte anlangt, eine volle Bestätigung gefunden.

Ich glaube also den Satz, dass die Nahrung unter Umständen eine erhebliche Steigerung des Energieverbrauches herbeiführen kann, welche auch mit Rücksicht auf den 24stündigen Stoffverbrauch in Betracht gezogen werden muss, zuerst einwandfrei nachgewiesen zu haben.

Da man, wenn auch mit Unrecht, die Nahrungszufuhr stets als eine Quelle für die Vermehrung der respiratorischen Ausgaben angesehen hat, so suchte man auch nach Gründen, welche eine solche Vermehrung bedingen könnten.

In der abundanten Kost liegt thatsächlich ein solcher Ernährungsvorgang vor, bei dem es sich um erhebliche Mehrung des Energieumsatzes handelt.

Wenn man nun auch darin viel zu weit gegangen war, dass man jedweder Nahrungszufuhr eine Energiesteigerung zuschrieb, so nöthigt uns doch die Rolle der abundanten Kost, uns mit der Frage der Wärmemehrung noch zu beschäftigen.

Auf welche Ursache die steigernde Wirkung einer abundanten Kost zurückzuführen sei, ist ohneweiters nicht als geklärt zu betrachten.

Noch ehe die Wirkung der Kost auf den Energieumsatz durch meine Experimente thatsächlich und in den Grundzügen wenigstens festgelegt war, hatte man sich bemüht, diese hypothetische, zersetzungssteigernde Wirkung der Nahrung zu erklären.

Es konnte angenommen werden, dass z. B. die Zellen das Vermögen besitzen, unter dem Einflusse reichlicher Zufuhr auch mehr zu zersetzen, wie es z. B. nach den älteren Theorien der Ernährungslehre als zulässig erschien. Der nach Nahrungszufuhr reichere Säftestrom konnte nach diesen Vorstellungen den Nahrungsverbrauch steigern. Eine ähnliche Auffassung vertrat später auch noch *Fick,* der die Vermehrung der Zersetzung nach Nahrungsaufnahme in der vermehrten Circulation von oxydationsfähigem Material, namentlich der N-haltigen Stoffe, erblickt. Diese Theorie war aber durch die energetische Betrachtung des Stoffumsatzes nicht gestützt, denn dann hätte man ja stets nach Nahrungsaufnahme eine solche Mehrung des Kraftwechsels sehen müssen, während thatsächlich auch bei Eiweisszufuhr zunächst nur eine Verdrängung des Fettes aus der Zersetzung nach isodynamen Mengen eintritt.

Eine andere Erklärung nahm an, dass die Nahrung bei ihrer Zufuhr einen bestimmten Einfluss auf die Verdauungsorgane ausübe. Allerdings lassen sich hier verschiedene Möglichkeiten der Wirkung denken. Man kennt die grossen Unterschiede des Stoffwechsels und sogar die Wärmebildung zwischen thätiger und ruhender Drüse, man kennt die chemischen Processe der Verdauung, die Secretion der dem Verdauungscanal angehörigen Drüsen. Die „Darmarbeit" oder „Drüsenarbeit" konnte daher als eine sehr plausible Erklärung der Vorgänge dienen.

Sonach lag der Gedanke, dass die grossen, einen erheblichen Bruchtheil des Körpers ausmachenden Drüsen doch auch im Zustande der Thätigkeit eine recht bemerkbare Grösse des Umsatzes liefern könnten, in Analogie zur Muskelarbeit so recht auf der Hand liegend.

Doch war am lebenden und unversehrten Thiere nicht erwiesen, dass eine solche Darmarbeit eine äusserlich messbare Grösse darstelle. *Mering* und *Zuntz* haben dann hierauf bezügliche Experimente an Kaninchen ausgeführt. Zucker, milchsaure Salze, Glycerin, Pepton etc. wurden theils ins Blut, theils in den Magen eingeführt und aus der Verschiedenheit der O-Zehrung zu erweisen gesucht, dass diese Darmarbeit eine sehr erhebliche sei.

Voit bemerkte hierzu: [1])

„Nach den Erfahrungen an anderen Organen bedingt höchst wahrscheinlich die mit der Verdauung und Resorption der Nahrung verbundene Arbeit des Darmcanales und seiner Drüsen ebenfalls eine Steigerung des Stoffwechsels, und zwar vorzüglich in der Zerstörung stickstofffreier Stoffe. Wir besitzen aber noch keine Vorstellung darüber, wie gross dieselbe sein kann.

---

[1]) *Herman*'s Lehrbuch, Bd. VI, p. 109.

Nach der Aufnahme von Nahrungsstoffen in den Darm tritt bekanntlich meist eine vermehrte Zersetzung im Körper ein; wenigstens findet dies in hohem Grade statt nach der Zufuhr eiweissartiger Stoffe, von Leim und Kohlehydraten, was sich ausser in der reichlichen Harnstoffausscheidung bei den beiden ersteren in einer gesteigerten Production von Kohlensäure und in einer gesteigerten Consumtion von Sauerstoff ausdrückt.

Mering und *Zuntz* sind geneigt, diese Steigerung des Stoffwechsels nach der Nahrungszufuhr auf die Arbeit des Darmes zu beziehen. Sie schliessen dies, weil nach Einspritzung von Zuckerlösungen, von milchsaurem und äpfelsaurem Natron und von Glycerin in die Venen nicht mehr Sauerstoff wie beim Hunger aufgenommen wird, wohl aber nach Einbringung desselben in den Darm."

„Der kolossale Mehrverbrauch nach Aufnahme der oben genannten Nahrungsstoffe kann unmöglich durch die Arbeit des Darmes hervorgerufen sein. Während von dem Hunde bei Hunger 366 *g* Kohlensäure abgegeben werden, treten bei reichlicher Zufuhr von Fleisch 783 *g* und von Kohlehydraten 785 *g* aus; dies wäre die gleiche Steigerung wie bei der stärksten Arbeit der Muskeln."

Ich habe mich gleichfalls der Anschauung von *Mering* und *Zuntz* nicht anschliessen können, theils aus methodischen Gründen, theils wegen der Eigenart dessen, was sie als Darmarbeit bezeichnen.

Die Versuche sind unter Bedingungen ausgeführt, bei welchen die absolute Ruhe des Thieres keineswegs verbürgt war; die Messung der Sauerstoffzehrung, und zumal bei kurzen Versuchszeiten, ist kein Beweis für den Energieumsatz. Die Ergebnisse lassen auch keinen Schluss zu, wie sich der Energieumsatz im Ganzen und im Verhältnis zum täglichen Kraftumsatz gestaltet hätte.

Wenn man nicht ein völlig schiefes Urtheil fällen will, muss man sich klar machen, dass man in allen diesen Fragen sich genauestens über die Länge der angewandten Versuchszeiten, einigen muss und Ungleichheiten in dieser Richtung alle Ergebnisse untereinander unvergleichbar machen.

Wenn der eine als Zeiteinheit den Tag, d. h. 24 Stunden, nimmt, der Andere als Versuchszeiteinheit 10 bis 20 Minuten, deren Ergebnisse dann auf die Stunde berechnet werden, so sind derartige Resultate unter Umständen völlig widersprechend.

Wenn man in nur kurze Zeit dauernden Versuchen die Wirkung der Kost prüft, so kann einer steigernden Wirkung ein späterhin abnormes Absinken der Umsetzungen entsprechen, es können also compensirende Einflüsse sich geltend machen.

In einem 24stündigen Versuche wird man die Wirkung der Darmarbeit nur abgeschwächt wieder erkennen, weil ja den Stunden der Darmarbeit viele Ruhestunden folgen. Wenn 2 Stunden hindurch die Darmarbeit den Umsatz um 12% gesteigert hätte und keine Compensation durch Minderung des Umsatzes in den arbeitsfreien Stunden

einträte, würde doch in einem Tagesversuche nur 1% Differenz gefunden, eine in die Fehlerquellen fallende Differenz.

Die Versuche von *Mering* und *Zuntz* können heutzutage nicht mehr als Experimente zum exacten Entscheid der gestellten Frage angesehen werden; sie litten an dem gerade für die gestellte Frage bedenklichsten Fehler, dass die umgebenden thermischen Verhältnisse nicht genügend gleich gehalten worden sind.

In vielen Versuchen blieben die Thiere in einem Bade von nahezu Körpertemperatur; nun ist aber gerade ein solches Einlagern des Thieres in Wasser, wenn es nicht absolut constant gehalten wird, eine bedenkliche Procedur, weil ja geringe Schwankungen der Wassertemperatur enorm grössere Wirkungen haben als die Schwankungen der Lufttemperatur. Das Schwanken der thermischen Verhältnisse gibt sich am besten aus den grossen Differenzen der Körpertemperatur einzelner Reihen, die bis 1·6° betragen.[1]) Die Temperaturen der Bäder sind auch nicht fortlaufend beobachtet. Es konnten also unzweifelhaft wärmeregulatorische Vorgänge sehr verschiedener Art den Effect beeinflusst haben. Inwieweit die Schwankungen der Eigentemperatur im Bade und die Schwankungen des Bades selbst in den einzelnen Reihen gewirkt haben, lässt sich nachträglich durch Rechnung nicht feststellen. Auch muss man erwägen, dass die Thiere eine Trachealcanüle trugen und bei Einspritzungen ins Blut die Canüle zur Einführung der Flüssigkeiten in die Venen. Wenn man bedenkt, wie leicht Muskelbewegungen schon bei dem normalen unverletzten Thiere in kurzdauernden Versuchen stören können, so liegt es doch nahe, dass Thiere mit Wunden, die bei geringer Zerrung schmerzen, gerade für feinere Einwirkungen auf respiratorische Vorgänge wenig geeignet sind. Man kann also aus dem vorliegenden Material nicht ersehen, welche Unterschiede zwischen der Nahrungszufuhr vom Blute wie vom Darme aus bestehen, und wenn solche nachgewiesen wären, so könnte man geltend machen, dass die directe Einführung ins Blut in künstlicher Weise vielleicht noch andere Neben- und Rückwirkungen besitzt, als wenn die Resorption des Eingeführten in keineswegs künstlich nachzuahmender Weise von der Darmhaut aus erfolgt. Die Klärung der Angelegenheit muss nach wie vor anderen Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Die Wirkungen selbst kleinster Nahrungsmengen würden ganz enorme sein, so z. B. würde man aus einem S. 103 angegebenen Versuche bei dem 1·3 *g* Traubenzucker, was annähernd ein Zehntel des Tagesbedarfes nur ausmacht, viele Stunden hindurch, unter Berücksichtigung des calorischen Aequivalentes des Sauerstoffes eine Mehrung des Energieumsatzes von circa 18% herausrechnen lassen, d. h. der Zucker wäre wohl so ziemlich nutzlos durch den Körper hindurch gegangen.

---

[1]) Dadurch können allein schon Unterschiede von 11 bis 12% im Umsatze bedingt sein.

Aber abgesehen davon, dass hier das regelmässige Bestehen einer sehr erheblichen Umsatzmehrung anscheinend bewiesen wird, die thatsächlich nicht besteht, fassten *Mering* und *Zuntz* die Darmarbeit in einer Art auf, der ich nicht beitreten konnte, nämlich als einen vom Darm ausgehenden Reiz; ein solcher Reiz kann durch die verschiedenartigsten Momente ausgelöst werden. Durch mechanische chemische Reize, differente Substanzen u. s. w. Einer solchen mehr mechanischen Auffassung widersprechen aber auch manche andere Beobachtungen. Vom mechanischen Standpunkte aus betrachtet, wird man kaum leugnen wollen, dass Knochenfütterung einen erheblichen Reiz bildet, und Anlass zur Darmarbeit werden könnte. Ich habe niemals, auch nicht unter den günstigsten Bedingnngen, weder früher in den älteren noch jetzt in den neuen Versuchen eine solche den Umsatz steigernde Wirkung der Knochenzufuhr beim Hunde nachweisen können.

Durch die interessanten neueren Untersuchungen *Pawlow*'s über die Verdauungsvorgänge sind auch die früheren Anschauungen über secretorische Wirkungen mechanischer Reize auf ein solches Mindestmass der Wirkung zurückgedrängt worden, dass man sie kaum noch als Ursachen für die Secretion wird ansehen dürfen.

Jedenfalls hatten sich irgendwelche klare Vorstellungen über die Wirkungen der Verdauungsarbeit auf Grund der obigen Respirationsversuche nicht bilden lassen. Dabei sind die Einwände noch gar nicht näher geprüft, welche die Anwendung der O-Bestimmung zur Messung der in kleinen Zeittheilen ablaufenden Zersetzungsvorgänge überhaupt in Frage stellen, wenn schon *Berthelot* in seinen Zweifeln nach dieser Richtung meines Erachtens zu weit geht.[1])

Wenn die „Darmarbeit" wirklich eine so enorme Grösse erreichen würde, wie die Unterschiede bei den Versuchen von *Mering* und *Zuntz* sie erscheinen lassen, müssten unbedingt, auch in den Tageswerthen dieselben bei jedweder Kost zu erkennen und aufzufinden sein; dies ist aber, wie schon meine früheren Versuche ergeben haben, absolut nicht der Fall. Es konnte also der grosse Unterschied in der O-Zehrung unmöglich nur auf Darmarbeit bezogen werden und in diesem Sinne und mit Bezug auf eine mechanische Wirkung bei der Aufnahme der Nahrungsmittel vermochte ich mich früher so wenig wie heute in der Beurtheilung der Versuche den Auseinandersetzungen von *Mering* und *Zuntz* anzuschliessen.

Es gibt aber noch eine andere Möglichkeit der Auffassung der nach Nahrungszufuhr auftretenden Zersetzungsvorgänge; die Wirkung des specifischen Nahrungsmateriales auf die Drüsen, also einen mehr chemischen Vorgang, wenn man so sagen will. Für einen derartigen Vorgang sprachen alle meine Versuche, dies ist ein wesentlicher und principieller Unterschied, den man wohl auseinander halten muss.

---

[1]) Ann. Chim. Phys. 11. [7], S. 555.

Ich habe das Widersprechende, was darin lag, dass mittlere und abundante Nahrungsmengen den Energieumsatz verschieden beeinflussen, durch eine Theorie zu erklären gesucht, die in der Einleitung näher vorgelegt wurde, bei welcher, wie ich glaube, die „Drüsenarbeit'' in ihr volles Recht eingesetzt war.

Ich will sie kurzweg Compensationstheorie nennen, ein Ausdruck, welcher nur sagen will, dass eine von der Nahrung ausgehende Wirkung auf eine Mehrerzeugung von Wärme durch andere im Körper verlaufende Processe ausgeglichen und zeitweise verdeckt werden kann.

Freilich ist diese ganze Annahme der Drüsenarbeit auch in diesem Sinne etwas hypothetisches, denn die Grösse einer solchen war schwer oder gar nicht zu schätzen, und die Grundlage zu approximativen Rechnungen sehr zweifelhaft. Nun liegen aber vorläufig keine anderen Möglichkeiten der Erklärung vor, und wie erwähnt, ist das Bestehen einer solchen Drüsenarbeit stets allen Physiologen als ein selbstverständliches Postulat erschienen.

Wenn *Magnus-Levy*[1]) meint, ich hätte zuerst die „Darmarbeit'' sehr gering angeschlagen, sie aber später doch anerkannt, so trifft diese Darstellung nicht das Richtige. Die Annahme der „Darmarbeit'' oder Drüsenarbeit versteht sich von selbst nach dem heutigen wie früheren Stande des Wissens. Es handelt sich aber um die Beweise für dieselben und um den Nachweis, welcher Art sie sei.

„Drüsenarbeit'' in meinem Sinne ist grundverschieden von den unter dem Begriff Darmarbeit nach *Mering* und *Zuntz* subsummirten Vorgängen.

Die Annahme der „Drüsenarbeit'' war für mich wesentlich nur eine Hilfshypothese, die mir berechtigter erschien als die mechanische Auffassung der Darmarbeit. Im Laufe des näheren Studiums freilich ist von dieser Drüsenarbeit recht wenig übrig geblieben, wie das Gesammtergebnis der in diesem Buche niedergelegten Erfahrungen beweisen wird. Die Hypothese hat aber doch ihren erheblichen Werth gehabt, indem sie auf den richtigen Weg in der Behandlung der Fragen geführt hat. Die Compensationstheorie im engeren Sinne werden die nachfolgenden Versuche exact beweisen; sie ist und bleibt ein wichtiges Glied in dem Verständnisse aller Stoffwechselvorgänge.

Wenn *Magnus-Levy*[2]) etwas zweifelnd bezüglich der Compensationstheorie sagt: „*Rubner* hat auf diesen Gedankengang eine ziemlich vollständige Theorie aufgebaut, die manches Bestechende für sich hat, und deren Grundzüge vielleicht richtig sind; doch befinden sich manche seiner Resultate im Widerspruche mit den Erfahrungen anderer Forscher und auch einzelne seiner Versuche selbst fügen

---

[1]) Ueber die Grösse des respiratorischen Gaswechsels unter dem Einflusse der Nahrungsaufnahme. *Pflüger*'s Arch. 1893. LV, S. 1 ff.

[2]) l. c.

sich seiner Theorie nicht an", so hat er den Ereignissen etwas vorgegriffen. Ich habe keinen Grund, irgend ein Experiment als mit dieser Compensationshypothese in Widerspruch stehend anzusehen.

Der Vollständigkeit halber muss ich aber noch auf einen bisher allerdings noch nicht erhobenen Erklärungsversuch für den Energieumsatz nach abundanter Kost hinweisen. Man könnte daran denken, dass ein nicht unbeträchtlicher Antheil der Stoffe, die wir in den Verdauungscanal einführen, einen Kraftverlust erleidet. Dagegen kann man aber einwenden, dass die bei solchen Zersetzungen freiwerdende Wärme dem Organismus compensatorisch doch zugute kommen könnte.

Im Uebrigen wird bei den rein fermentativen Processen, wenn man diese im Verhältnisse zur Gesammtverbrennungswärme der Nahrungsstoffe betrachtet, nur eine verschwindend kleine Wärmemenge frei, ja sogar bei der Lösung der Verdauungsproducte grösstentheils Wärme gebunden.

Man darf das vielleicht aber nicht generalisiren auf alle fermentativen Processe; ich möchte daran erinnern, dass die Zuckerspaltung durch Hefeferment, wie sie *E. Buchner* zuerst erwiesen hat, doch nennenswerthe Mengen von Wärme freimachen kann. Wenn man hierauf die Ueberlegungen über die Wärmebildung anwenden darf, die ich an anderer Stelle gegeben, könnte man bei der Alkoholgährung 9·4% der im Zucker enthaltenen Energie auf diese Umsetzung in Rechnung ziehen.[1])

Wie andere in neuerer Zeit aufgefundene oxydirende Fermente quantitativ wirken, ist nicht genügend sichergestellt.

Die bakterielle Zersetzung liefert allerdings Wärme. Ich habe dieselbe durch Nachgährung des Kothes direct bestimmt.

Ich bediente mich dazu eines gläsernen Calorimeters, welcher von zwei weiteren Glashüllen umgeben ist, deren beide Hohlräume sorgfältig evacuirt sind. Es ist das Calorimeter also ein ähnlicher Apparat, wie ihn *Dewar* zu seinen Experimenten mit flüssiger Luft benützt hat. Das Calorimeter trägt ein feines Thermometer, welches in die Flüssigkeitsmasse hineintaucht. Ein gleiches Instrument, nur mit 250 cm^3 sterilem Wasser gefüllt, dient zur Controle. Die beiden Calorimeter stehen thermisch sonst wohl isolirt in einem Brutschrank, der möglichst scharf auf gleiche Temperatur eingestellt wird.

Das Versuchscalorimeter wird mittelst des elektrischen Stromes und durch Abkühlung sorgfältig geaicht und ist nun ein vorzügliches Instrument, um die Wärmeentwickelung durch Bakterien nachzuweisen. Dieselbe ist sehr gering, aber gross genug, um genaue Resultate mit meinem Calorimeter zu erhalten. Ich werde die Resultate anderen Orts mittheilen. In solchen Instrumenten brachte ich den Koth

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. XXI, S. 338.

verschiedener Herkunft und beobachtete Wochen hindurch das Entstehen der durch bakterielle Zersetzung erzeugten Wärme.

Menschenkoth von gemischter Kost lieferte für 144 *g* rund 0·4 Cal., 148 *g* 0·47 Cal., 100 *g* Kuhmilchkoth 0·34 Cal. an Zersetzungswärme im Tage.

Wenn auch in anderen Fällen die Zersetzungen um ein Mehrfaches gesteigert sein mögen, so sind doch alle diese Zahlen so minimal, dass die bakteriellen Umsetzungen, wenn specifische Gährungen ausgeschlossen sind, einen nennenswerthen Energieverlust nicht darstellen.[1])

Es ist auch nicht anzunehmen, dass der Speisebrei bei der kurzen Durchgangszeit durch den Dünndarm wesentlichen Mengen von Wärme durch bakterielle Zersetzung liefern werde.

Dieser Energieverlust ist also so verschwindend klein, dass er praktisch für den Fleischfresser und Omnivoren gar keine Bedeutung hat.

Er kann zur Erklärung der nachfolgenden Erfahrung über den Energieverbrauch nicht herangezogen werden, weil die quantitative Leistung der bakteriellen Zersetzung viel zu gering ist.

Auch die Annahme einer „Drüsenarbeit" hat durch meine Versuche insoferne eine ganz wesentliche Einschränkung erfahren, weil eben eine solche als eine einfache Mehrung des Kraftwechsels bei jedweder Nahrungszufuhr und allgemein gesprochen gewiss nicht besteht.

Man kann ihre Annahme nur retten, wenn man zugleich jene Compensationshypothese den Verhältnissen zugrunde legt, welche ich zuerst ausgesprochen habe.

Auf diese Fragen können wir aber erst zurückkommen, wenn wir über die Thatsachen des Stoffwechsels bei überschüssiger Kost uns unterrichtet haben. Aber es ist sicher, dass diese Fragen nicht mit der üblichen Methodik der Stoffwechseluntersuchungen erledigt werden können. Unsere Untersuchungen leiten uns später auf Gebiete, die man bei Ernährungsfragen bisher überhaupt nicht berücksichtigt hat.

Auch nicht jede abundante Kost steigert die Verbrennung, vielmehr müssten noch besondere stoffliche und besondere Versuchsbedingungen gegeben sein.

Ich trete also zunächst an die Frage heran, inwieweit eine Steigerung der Nahrungszufuhr über den Bedarf hinaus eine Vermehrung der Wärmebildung zufolge hat, welcher Grösse diese Mehrung ist, und ob sie einen Vorgang darstellt, der individuell bei verschiedenen Thieren in derselben Weise abläuft, also zu einer generellen Regel oder einem Gesetze sich gestaltet.

Ausschliessliche Fettkost.

Um die Verschiedenheit einer zureichenden oder überschüssigen Kost auf die Mehrung des täglichen Energieumsatzes zu zeigen, eignet

[1]) Anders natürlich beim Pflanzenfresser.

sich kein Nahrungsstoff besser als das Fett. Bei ihm treten diese Unterschiede unter den üblichen Versuchsbedingungen am besten hervor, wie ich schon früher angegeben habe. Ich will hier drei Versuche anführen, welche mit drei verschiedenen Mengen von Fett als Zufuhr angestellt worden sind.

Wir vergleichen in diesem Falle einen Hungertag eines Thieres mit der nachfolgenden Fettfütterung; da im ersten Falle meist 90% allen Energieumsatzes aus Fett entstammen, ist auch die qualitative Aenderung der Zersetzung in beiden Fällen minimal.

Das einfachste Bild der stofflichen Vorgänge erhalten wir, wenn einem Thiere durch Fettfütterung einfach Ersatz geboten wird für die im Hungerzustande zu Verlust gehende Tagesration an Fett. Einen solchen Fall haben wir in Folgendem:

I.

Zeitschr. f. Biol., Bd. XIX, S. 332, habe ich eine Versuchsreihe erwähnt, bei welcher einem Hunde ebensoviel Fett gereicht wurde, als er im Hungerzustande verbrauchte. Dabei ergab sich Folgendes:
Es war die Zersetzung bei Fütterung mit Fett = 2·43 *g* N u. 32·98 *g* Fett
und bei Hunger . . . . . = 2·14 *g* „ „ 33·78 *g* „

Die calorischen Werthe sind dann:
Bei Fütterung mit Fett 60·51 Cal. aus Eiweiss + 312·67 aus Fett = 373·2
„ Hunger . . . . . 53·28 „ „ „ + 320·06 „ „ = 373·3

Die gereichte Menge Fett war 40 *g* Speck und 39·5 *g* Butterschmalz, letztere sei = 363·9 Cal., so dass der wirkliche Bedarf bis auf etwa 2·4% durch die Zufuhr gedeckt war.

II.

Eine weit grössere Nahrungszufuhr wurde in Fett in einem anderen Falle einem Hunde von 24 *kg* gereicht: 167 *g* Butterschmalz. 1 *g* davon liefert nach meinen Bestimmungen mit *Berthelot*'s Bombe 9214 oder demnach 167 *g* = 1537. Da der Hund im Hunger 956 Cal. erzeugte, betrug der Energieüberschuss 60·7%. Das Thier nahm die Fettmenge ohne Zwang auf und blieb nach dem Fressen behaglichst im Respirationsapparate liegen.

Der Harn wurde mit dem Katheter entnommen; der C-Gehalt des Harnes direct bestimmt. Ventilation der Versuchsräume und Temperatur blieben dieselben.

Tabelle 1.

Zufuhr	N im Harn im Tg.	N im Koth	C in der Nahrung	C im Harn	C im Koth	Gesammt-C-Ausscheidung	— C aus zersetzt. Eiweiss	Gesammt-N-Ausscheidung	Fett zersetzt
Hunger . .	9·37	0·05	83·19	5·28	0·28	88·75	56·61	9·41	73·6
Schmalz 167	5·08	0·05	83·37	3·46	0·28	87·11	69·75	5·13	80·7
Hunger . .	3·83	0·05	78·60	2·65	0·28	81·53	68·43	3·88	88·4

Tabelle 2.

Zufuhr	Cal. aus Eiweiss	Cal. aus Fett	Summe der Cal.
Hunger	241·53	713·92	955·45
Schmalz	113·53	782·79	914·32
Hunger	99·04	857·48	956·52

Wir haben im Mittel der Hungertage 955·98 Cal. und bei Fettzufuhr 914·32, also trotz der Verdauung eines 60·7% betragenden Ueberschusses kein Steigen der Verbrennung, sondern sogar ein geringfügiges Absinken (— 4·4%). Man wird doch wohl die Resorption des den Tagesbedarf um 61% überschreitenden Fettquantums nicht als eine belanglose Darmarbeit hinstellen. Die Arbeit ist geleistet worden, aber im Gesammtkraftwechsel hat sich diese Leistung nicht ausgedrückt. Die Fettfütterung eignet sich nach meinem Dafürhalten besonders gut zu derartigen Versuchen, weil das Volum der Kost gering, die Kost wasserfrei ist, keine Kauarbeit erfordert und schnell vom Hunde verschlungen werden kann.

III.

Ein Männchen von 11 *kg* Gewicht hungert einen Tag und wird dann an zwei aufeinander folgenden Tagen im Respirationsversuche bei Nahrungsentziehung beobachtet, sodann erhält es 200 *g* Speck, welche 179·6 *g* Fett entsprechen. Die Ausscheidungen führt folgende Tabelle auf:

Tabelle 3.

Zufuhr	N in Harn und Koth	C aus Fett	Cal. aus Eiweiss	Cal. aus Fett	Gesammtsumme der Cal.	Körpergewicht
Hunger (2. Tag) . .	1·64	47·53	41·0	584·6	625·6	11·11
Hunger	1·69	44·69	42·5	549·7	592·2	10·87
200 Speck	1·68	55·22	42·00	678·9	720·9	20·75

Die reichliche Fettaufnahme, welche den Hungerbedarf (608·9 : 1709·7) um das 2·81fache überschreitet, steigert die Wärmebildung um 18·4%. Während etwas weniger reichliche Fettzufuhr die Umsetzungen so gut wie ganz ohne Aenderung lässt, ergibt die reichliche Zufuhr in diesem Falle sofort eine Steigung der Wärmebildung, welche sehr beachtenswerth erscheint. Dieselbe kann nicht auf eine Störung des Wohlbefindens des Versuchsthieres zurückgeführt werden.

Die Zusammenstellung der verschiedenen Resultate gibt folgende Werthe:

Tabelle 4.

Ser.	Die Zufuhr übersteigt den Bedarf um x %	Die Wärmebildung steigt
I	— 2·4	0
II	+ 60·7	0
III	+ 181·0	+ 18·4

Durch Aufnahme von sehr grossen Fettmengen kann demnach beim Hunde sofort[1]) die Wärmebildung gesteigert werden; man möchte meinen, dass bei Ser. III vielleicht durch Störungen der Verdauung eine Steigerung der Wärmebildung eingetreten sei, doch habe ich Derartiges nicht beobachten können. Die Verdauung des Fettes ist auch zweifellos in den 24 Stunden völlig vollendet.

Eine den täglichen Bedarf nicht nur deckende, sondern sogar weit überschreitende Fettgabe hat auf eine Mehrung der Zersetzung keinen Einfluss — wenigstens insoweit volle Tagesversuche zum Vergleiche gewählt werden. Die Menge des Ueberschusses scheint demnach von ausschlaggebender Bedeutung. Unter den gewählten Versuchsbedingungen liegt demnach die Grenze, von welcher ab die Ueberschreitung des Nahrungsbedarfes durch Fett dieser Energieumsatz steigt, sehr hoch.

Respirationsversuche und calorimetrische Versuche von kurzer Dauer.

Volle Tagesversuche liessen bei einer Fettfütterung, die den Bedarf selbst um 61% überschritten, keine ausserhalb der Fehlergrenzen fehlende Wärmebildung erkennen. Die Deckung des Nahrungsbedarfes ist somit mit jenen Fettmengen möglich, welche der Hungerbedarf anzeigt. Die Processe der Resorption des Nahrungsmittels sind abgelaufen, ohne dass der geringste Mehrverbrauch an Kraft ersichtlich wäre.

Es wäre möglich, dass aber trotzdem während der Verdauungsperiode eine solche Mehrung bestanden hat, die aber in der Gesammtberechnung des Kraftwechsels, für 24 Stunden wegen ihrer geringen Grösse sich nicht bemerkbar macht, oder dass eine selbst grössere Wirkung der Wärmebildung in der Verdauungsperiode nachträglich durch eine Verminderung des Stoffverbrauches (für einige Stunden) völlig compensirt worden ist.

Ich habe daher an Stelle von vollen Tagesversuchen in einigen Fällen bei Fettfütterung auch kürzere Perioden untersucht, Wie schon

---

[1]) Sofort bedeutet in meinem Sinne Steigerung am ersten Tage der Fütterung, da ja die 24stündige Periode als Einheit gewählt worden ist.

früher gesagt, hat die Beweiskraft kürzerer Versuchsperioden im Allgemeinen weniger Bedeutung als die der vollen Tagesversuche. Aber für die Fettfütterung liegen auch bei kürzeren Experimenten die Verhältnisse besonders günstig. Fett übt keinen nennenswerthen Einfluss auf die Eiweisszersetzung, und Nahrungsfett tritt eben einfach an Stelle des im Hunger zerstörten Körperfettes, die Art der zersetzten Stoffe wird also nicht geändert. Die Bildung intermediärer Spaltungsproducte ist unwahrscheinlich, der im Körper verbleibende Ansatz ist offenbar Nahrungsfett selbst.

Ueber den Zeitraum dreistündiger Experimente bin ich übrigens nicht heruntergegangen.

Ich gab einem Hunde so viel Butterschmalz, als zur Deckung seines Nahrungsbedarfes nothwendig war. An einem Tage untersuchte ich, während der Hund dauernd im Respirationsapparate gehalten wurde, seine N-Ausscheidung, am nächsten Tage dreistündig die Kohlensäureausscheidung. Die beiden ersten Tage hungerte er, am dritten Tage erhielt er Fett.[1])

Am Tage der Respirationsversuche ist dann nur der Harn von 24 Stunden gesammelt und für die einzelnen Perioden berechnet worden. Bei Versuch 1 geschah die Vertheilung des Harn-N nach dem Verhältnisse, welches an den dem Respirationsversuche vorausgehenden Tage direct bestimmt war, bei Versuch 2 wurde der Harn gleichmässig auf den Tag vertheilt. In beiden Versuchen ist die Zeit von 12 Uhr Nachts bis 9 Uhr Morgens bei Inanition, mit der Fütterungszeit von 9 Uhr Morgens bis 6 Uhr Abends verglichen, also Schlafzeit mit Wachsein. Dies könnte allenfalls nur den Nachtheil haben, dass eine Vermehrung der Zersetzung gefunden werden könnte, wo sie nicht besteht. Was die Versuche ergeben, lehrt folgende Tabelle:

Tabelle 5.

Zeit	Zufuhr	CO_2-Ausscheidung	N im Harn	C im Harn berechnet	Gesammt-C Ausscheidung	C aus Eiweiss	Fettverbrauch	Gesammtmenge der Cal.	Ventil. pro 3 Stunden	t u. o. C.
12—3 Uhr Morgens	Hunger	35·53	0·923	0·688	10·38	7·22	9·39	114·6	7938	14·4
3—6 „ „	„	35·65	0·923	0·688	10·41	7·25	9·42	114·9	7842	14·6
6—9 „ „	„	33·77	0·891	0·665	9·87	6·89	8·95	109·5	8635	15·0
9—12 „ Vorm.	80 *g* Schmalz	35·62	0·960	0·680	10·22	7·11	9·24	114·1	7740	15·0
12—3 „ Nachm.	—	37·68	0·945	0·700	10·96	7·73	10·05	121·5	7828	14·8
3—6 „ Abends	—	37·70	0·910	0·680	10·97	7·84	10·19	122·07	8784	13·8

Vergleicht man die mittleren Werthe, so erhält man:

12 Uhr Nachts bis 9 Uhr Morgens hungernd 113·2 Cal. pro 3 Stunden
9 „ Morgens „ 6 „ Abends gefüttert 119·2 „ „ 3 „

[1]) Siehe *Ludwig*'s Festschrift, S. 266.

Also eine geringfügige Zunahme von 5·2%, die jedenfalls zum Theile auch auf die sinkende Temperatur des Versuchsraumes bezogen werden muss.

Ich habe auch einen zweiten derartigen Versuch angestellt, welcher ganz in der gleichen Versuchsanordnung ablief.

Die Zahlen finden sich in folgender Tabelle:

Tabelle 6.

Zeit	Zufuhr	CO_2-Ausscheidung	N im Harn	C im Harn	Gesammt-C-Ausscheidung	C aus Eiweiss	Fettverbrauch	Gesammtmenge der Cal.	Ventil. pro 3 Stunden	t. u. o. C.
12—3 Uhr Morgens	Hunger	38·78	0·386	0·29	10·96	9·53	12·39	130·0	8200	17·5
3—6 „ „	„	35·88	0·386	0·29	10·08	8·75	11·37	120·2	8355	17·3
6—9 „ „	„	37·21	0·386	0·29	10·44	9·11	11·84	124 7	8343	17·9
9—12 „ „	80 *g*									
	Schmalz	37·30	0·282	0 21	10 38	9·41	12·23	125·7	8323	17·9
12—3 „ Nachm.	—	39·67	0·282	0·21	11·03	10·06	12·08	134·0	8177	17·9
3—6 „ „	—	37·39	0·282	0 21	10·41	9·44	12·27	125·7	8197	17·9

Vergleicht man hier die mittleren Werthe, so erhält man:
12 Uhr Nachts bis 9 Uhr Morgens hungernd = 125·0 Cal. pro 3 Stunden
9 „ Morgens „ 6 „ Abends gefüttert = 128·4 „ „ 3 „

Demnach läge, wenigstens rechnerisch, eine Zunahme um 2·7% vor. Aber dieser Werth könnte auch dadurch entstanden sein, dass vielleicht die im Butterschmalz enthaltenen Triglyceride niederer Fettsäuren, welche im Körper nicht verbleiben können vorweg zersetzt worden sind. Der calorische Werth des Kohlenstoffes der Triglyceride niederer Fettsäuren ist geringwerthiger als der hochatomigen und das Butterschmalz im Allgemeinen von etwas niedrigerem Verbrennungswerthe als das Körperfett. (9·22 Cal. : 9·48.)

Es ist also auch in kurzen Zeiträumen und in der Verdauungsperiode keine sichere Zunahme der Wärmebildung nachweisbar gewesen.

Diese zunächst etwas auffallende Thatsache hat, wie ich gleich bemerken will, durch die weiteren Untersuchungen ihre volle Bestätigung und zugleich ihre volle und befriedigende Erklärung gefunden.

Ebenso gewiss ist, dass wir in solchen Fällen, in welchen der Wärmeumsatz des ganzen Tages unter dem Einflusse abundanter Fettmengen steigt, auch bei den in kurzen Intervallen angestellten Experimenten den Wärmezuwachs hätten finden können, doch hatte dieser Nachweis ja nicht das Interesse, das die Versuche mit kleineren Fettmengen ohne sichtbare Wirkung der „Drüsenarbeit" haben mussten.

Endlich habe ich noch direct mit dem Calorimeter die Wärmeerzeugung gemessen. Ein Hund, welcher vorher gehungert hatte,

erhielt an dem in nachstehender Tabelle aufgeführten Versuchstage 40 *g* Speck, welche annähernd ausreichten, den Kraftbedarf des Thieres zu decken.

Die Zahlen lassen nicht erkennen, dass die Nahrung einen nachweisbaren Einfluss auf den Gang der Wärmeerzeugung genommen.

Der Hund befand sich in meinem Calorimeter.

Tabelle 7.

Nahrungszufuhr um 11 Uhr 40 *g* Speck.

Tageszeit	Wärme an den Apparat[1])
12—2	18·8
2—4	18·3
4—6	19·5
6—80	20·2
8—10	16·2
10—12	16·2
12—2	16·2
2—4	17·4
4—6	18·4
6—8	20·3

Die auftretenden Differenzen sind mehr der Ausdruck unvermeidlicher Bewegungen des Thieres, als die von aus inneren Ursachen der Verdauungsvorgänge zum Ausdruck kommenden Aenderungen der Wärmeproduction.

Die nach der Zufuhr kleiner Fettmengen, wie sie zur Deckung des Nahrungsbedürfnisses hinreichen, auftretenden Zersetzungsprocesse lassen jedenfalls nur höchst geringe Zuwächse gegenüber dem Hungerzustande erkennen; so wird es auch erklärlich, wenn die vollen Tageswerthe gegenüber dem Hunger überhaupt nicht abweichen. Die Differenzen werden offenbar durch die unvermeidlichen Unregelmässigkeiten des Thierexperimentes ganz verdeckt. Mit diesen Ergebnissen stimmten auch Versuche überein, die *Magnus-Levy* mit dem *Zuntz*'schen Respirationsapparate zur Prüfung meiner Angaben unternommen hat.

Einem geringen oder verschwindenden Tageszuwachs an Wärmeproduction entspricht bei dem Fett eine nur geringfügige Aenderung des stündlichen Energieumsatzes. Daraus muss man auch schliessen, dass die grossen, den Energieumsatz steigernden Fettmengen auf die zeitliche Vertheilung der Wärmebildung einen Einfluss ausüben müssen.

---

[1]) Ausschliesslich der Wasserverdampfung.

Weiter auf diese zeitliche Ungleichheit von Perioden der täglichen Wärmebildung einzugehen, liegt ausserhalb des Rahmens der hier beabsichtigten Untersuchungen.

Ich habe es nur als meine Aufgabe betrachtet, unter einwandfreien Bedingungen zu prüfen, ob dem Fehlen jeglicher Wirkung in den Tageswerthen auch eine solche in den kürzeren Zeitperioden entspricht.

Es gibt also Nahrungsaufnahme und Nahrungsresorption ohne jegliche Aenderung des Energieumsatzes auch während der Verdauungsperiode.

Wirkung eiweisshaltiger Kost bei verschiedenen Thieren.

Die weit kräftigere Wirkung des Eiweisses auf die Wärmebildung ist durch meine früheren Veröffentlichungen bereits bewiesen. Bei der Festlegung dieser principiellen Fragen wird man aber zunächst mit der Möglichkeit rechnen müssen, dass etwa individuelle Verhältnisse mehr oder minder den Effect beeinflussen können. Bis jetzt ist wenigstens diese Seite der Frage gar nicht berührt worden; ich habe nur einige Experimente ausgewählt, welche wesentlich an einem Thiere gewonnen worden sind.

Die Prüfung an verschiedenen Thieren, namentlich solchen von verschiedener Körpergrösse, war nothwendig, weil es sich auch um den Beweis handeln muss, in welcher Weise die überschüssige Kost von den verschiedenen Thieren empfunden wird und welche Menge der Zufuhr als gleiche Wirkungsmassen auf den Körper anzusehen sind. Von vorneherein lässt sich nicht mit voller Bestimmtheit sagen, nach welchem Masse eine Beurtheilung auszuführen ist. Die Versuche hatten folgendes Ergebnis:

Serie I.

Ein mittelgrosser männlicher Hund, welcher in gut genährtem Zustande 11 *kg* wog, durch Inanition aber auf 6·2 bis 5·98 *kg* in seinem Körpergewichte abgesunken war, erhielt an mehreren Tagen je 500 *g* Fleisch. Es sind in nachstehender Tabelle die zwei letzten Hungertage und die ersten beiden Fleischfütterungstage aufgeführt.

Tabelle 8.

Tag	Zufuhr	N im Harn	N im Koth	C Respir.	C Harn	C Koth	Gesammt-C-Ausscheidung	Eiweiss C abgezog.	t.
1.	Hunger . .	1·26	0·05	25·27	0·92	0·57	26·76	22·46	16·4
2.	Hunger . .	1·47	0·05	23·11	1·07	0·57	24·75	19·77	16·8
3.	500 *g* Fleisch	12·85	0·20	32·67	7·83	1·43	41·93	+ 0·87	17·9
4.	500 *g* Fleisch	14·00	0·20	34·20	8 54	1·43	44·17	+ 2·41	17·3

Tabelle 9.

Tag	Zufuhr	Gesammt N-Ausscheidung	Fett-C	Cal. aus Eiweiss	Cal. aus Fett	Gesammt Cal.	Körpergewicht
1.	Hunger . .	1·31	22·46	32·75	275·2	308·0	5·94
2.	Hunger . .	1·52	19·77	38·00	243·2	281·2	5·82
3.	500 *g* Fleisch	13·05	0	339·3	— 8·9[1]	330·4	5·86
4.	500 *g* Fleisch	14·20	0	355·0	— 24·9	330·1	6·00

Da der Bedarf des Thieres nach dem Umsatze bei Hunger beurtheilt nur 294·6 Cal. betrug, waren 500 *g* Fleisch eine Nahrung, welche weit den Bedarf überschreitet und, wie wir sehen, steigt auch die Wärmebildung sofort an um 12·8% im Mittel. Da 500 *g* Fleisch rund 17·2 *g* N geben, so sieht man, dass das herabgekommene Thier bei 13 bis 14·2 N-Ausscheidung Eiweiss angesetzt haben muss. Der C, welcher auf 13 bis 14·2 N entsprechend als Umsatz gerechnet werden muss, wenn das Fleisch ganz zerlegt wurde, fand sich nicht völlig in den Ausscheidungen, am dritten Tage fehlten 0·87 *g*, am nächsten Tage 2·41 *g* C, welche im Körper in der Form eines N-freien Körpers zurückgeblieben sein können; wenigstens ist dies die nächste und einfachste Annahme. Die Wärmemenge, welche man für den dritten und vierten Tag aus der Eiweisszersetzung berechnet, ist also um so viel zu gross, als der am Körper angesetzte C Wärme repräsentirt. Ich habe früher gefunden, dass 1 *g* C des Fleisches dem calorischen Werthe von 10·2 Cal. entspricht,[2]) dementsprechend sind am dritten Tage 8·9, am vierten Tage 24·9 Cal. vom ganzen Wärmewerthe abzusetzen.

Eine andere Möglichkeit, welche man für die Berechnung dieser und analoger Fälle in Betracht ziehen musste, wäre die, dass vielleicht von dem Extractionsstoffe des zum Ansatze gelangenden Eiweisses ein kleiner Ueberschuss abgegeben wurde, wodurch die N-Ausscheidung zu gross gefunden wurde; dagegen sprechen mancherlei andere Erfahrungen und ein weiter unten mitzutheilender Versuch. Die Rechnung würde auf solcher Basis allerdings eine andere werden müssen, das Endresultat sich aber nicht um $^1/_{10}$% ändern. Ebenso ist die Frage, ob der C als Fett oder Kohlehydrat abgelagert wird, hier vollkommen irrelevant.

Die Kosten der Wärmebildung hat in diesen Tagen der Fleischfütterung ausschliesslich das Eiweiss besorgt.

---

[1]) 1 *g* C im Fleisch = 10·2 Cal. Zeitschr. f. Biol. XXI, S. 363.

[2]) Die Frage, ob Fett oder Glykogen abgelagert wird, bleibt bei dieser Rechnung unberührt.

Serie II.

Ein kleiner männlicher Hund, kurzhaarig, wie der vorher benützte, erhielt an zwei aufeinanderfolgenden Tagen je 600 *g* Fleisch auf einmal, hungerte sodann (49 *g* Knochen), erhielt wieder 600 *g* Fleisch und hungerte wieder drei Tage. Wasser wurde keines gereicht. Vor der ganzen Versuchsreihe hatte der Hund gemischte Kost erhalten. Wie allen anderen Versuchsreihen ging auch dieser eine eintägige Knochenfütterung voraus.

Die Versuchsergebnisse enthält folgende Tabelle:

Tabelle 10.

28. Januar bis 3. Februar 1882.

Tag	Zufuhr	Gesammt-N-Ausscheidung	Gesammt-C-Ausscheidung	Eiweiss-C abgezogen	Cal. aus Eiweiss	Cal. aus Fett	Summe der Cal.	Körpergewicht
1.	600 *g* Fleisch	17·30	68·54	12·80	449·8	157·4	607·2	6·83
2.	600 *g* „	17·66	64·47	6·55	458·2	80·6	538·7	6·90
3.	Hunger . . .	3·95	40·52	27·87	102·7	342·80	445·5	6·90
4.	600 *g* Fleisch	16·56	62·91	8·47	431·6	104·2	535·8	6·87
5.	Hunger . . .	2·93	42·49	32·88	73·2	403·42	476·7	6·75
6.	„ . . .	2·21	43·99	36·74	55·2	451·90	507·1	6·5
7.	„ . . .	1·90	39·58	33·26	47·5	409·1	456·6	6·5

Die Fleischfütterungen zeigen eine hohe Eiweisszersetzung, doch hat der Hund etwa 3 *g* N angesetzt, und obschon die 600 *g* Fleisch durchaus hingereicht hätten, seinen ganzen Wärmebedarf zu decken, doch Körperfett abgegeben. Während des Hungertages sinkt die Eiweisszersetzung sofort ab, die Fettzersetzung steigt. Die am vierten Tage wiederholte Fleischgabe erzeugte einen noch grösseren Ansatz als am ersten und zweiten Tage, dagegen bestand wieder ein Fettverlust. In den nachfolgenden Hungertagen nimmt die Eiweisszersetzung rasch ab, die Fettzersetzung übernimmt den Löwenantheil an der Wärmebildung. Am ersten Versuchstage war die Gesammtwärmebildung hoch, vermuthlich weil sich das Thier wieder an das Ruhigliegen im Apparat zu gewöhnen hatte. Alle Eiweisstage zeigen erhöhte Wärmebildung. Die Zunahme der Wärmebildung ist hier eine sehr erhebliche.

Tabelle 11.

28. Januar bis 3. Februar 1882.

Tag	Zufuhr	Gesammtwärmeresp.	Körpergewicht	Temp.
1.—2.	600 *g* Fleisch . .	572·9	6·84	15·6
3.	Hunger	445·5	6·90	18·2
4.	500 *g* Fleisch . .	535·8	6·87	18·2
5.–7.	Hunger	480·1	6·58	16·5

Gesammtmittel: 2. und 4. Tag = 537·2 (Fleisch) 16·9 Temp.
„ 3., 5., 6. und 7. Tag = 462·8 (Hunger) 16·9 Temp.

Die Wärme stammt nicht nur aus der Eiweisszersetzung wie in dem vorhergehenden Versuche an dem völlig abgemagerten Thiere, sondern neben Eiweiss wurde noch eine nicht ganz unerhebliche Fettmenge zerstört.

Aus den Versuchen lassen sich vorstehende Mittelzahlen bilden, richtiger erscheint es mir, den ersten Tag von der Berechnung auszuschliessen.

Dann erhält man für die Fleischtage . 537·2 Cal.
und für die Hungertage . . . . . 462·8 „

Die Kost betrug in Wärmewerth um circa 29% mehr als der Bedarf, und die Wärmeproduction war um 15·9% erhöht.

Serie III.

Zur Ser. III diente ein kleines Weibchen, langhaarig. Es wurde mehrere Tage bei Hunger beobachtet, dann an einem Tage demselben 390 *g* Fleisch gereicht.

Tabelle 12.

Nummer	N im Harn	N im Koth	Gesammt-Stickstoff	C in der Respiration	C im Harn	C im Koth	Gesammt-Kohlenstoff	Fett-Kohlenstoff	Cal. aus Eiweiss	Cal. aus Fett	Gesammt-Cal.	Temperatur	Kost
1	0·939	0·06	1·00	21·20	0·61	—	21·81	18 5	24·9	229·4	254·3	20·2	0
2	0·80	0·06	0·86	19 57	0·52	—	20·01	17·3	21·4	212·6	234·0	20·2	0
3	1·02	0·06	1·08	20·4	0·66	—	21·08	17·5	27·0	217·7	242·7	20·2	0
4	8·31	0·22	8·53	30·3	5·3	1·2	36·77	8·8	221·6	108·2	330·0	20 2	390 *g* Fleisch

Die Zersetzung war im Hungerzustande ausserordentlich gleichmässig. Das Thier befand sich in meinem Calorimeter ohne die mindeste Temperaturschwankung. Die einfache Aufstellung eines Respirationsapparates ohne einen für das Thier regulirbaren, gleichwarmen Respirationsraum sollte allmählich ganz aufgegeben werden. Ich habe im Laufe der Jahre immer mehr Gelegenheit gehabt, zu erkennen, wie wichtig scharfe Temperaturbestimmungen, die man früher nicht geachtet hatte, auch für Stoffwechselfragen werden können.

Von 13·2 *g* gefütterten N kamen nur 8·53 in den Ausscheidungen vor. Das Thier hat 4·7 *g* N angesetzt; aber daneben 8·8 *g* C vom Körper abgegeben; 4·7 *g* N würde als Fleisch 122·2 Cal. haben liefern können. Diese Menge wurde aber im Körper zurückbehalten und dafür gab derselbe 108·2 Cal. aus seinem Fettbestande ab, ein Vorgang, welcher ziemlich bald zu einer wesentlichen Aenderung des Körperbestandes hätte führen müssen.

Um absolut sicherzustellen, ob unsere Berechnungsweise der Wärme, die indirecte Calorimetrie, wie sie auch genannt wird, richtige

Resultate gibt, habe ich den Hund direct calorimetrisch auf die Wärmebildung untersucht.

In dem gegebenen Falle konnte man vielleicht unterstellen, die Eiweisszersetzung wäre viel grösser gewesen, als wir nach der Ausscheidung des N im Harn annehmen, weil vielleicht N- oder Zersetzungsproducte im Körper zurückgeblieben seien. Wir werden zeigen können, wie die directe Calorimetrie eine Entscheidung über eine solche Annahme ermöglicht.

Ich nehme an, das Thier habe sich thatsächlich im vollen N-Gleichgewicht befunden und die Ausscheidungen des N hätten 13·2 *g* betragen sollen.

Dann wäre die Gesammt-C-Ausscheidung = 30·3
8·0
1·2
= 39·5

geworden und da 13·2 N = 43·3 C entsprechen, wäre 43·3 — 39·5 = = 3·8 *g* C im Körper zurückgeblieben. Von diesen hat 1 *g* 10·2 Cal. Verbrennungswerth = 38·7 Cal. im Ganzen.

13·2 *g* N vermögen als Fleisch . 343·2 Cal. zu liefern,
davon gehen ab als Ansatz . . 38·7 „
also bleibt als Wärmebildung . 304·5 Cal.

Was gibt der directe calorimetrische Versuch?

Tabelle 13.

Kost	Wärme, berechnet	Wärme, gefunden
0	254·3	260·1
0	234·8	236·3
0	242·8	257·1
390 *g* Fleisch	330·0	335·3

Hunger	Fütterung	Hunger	Fütterung
Gesammtmittel		Relative Werthe	
244	330	100	135
251	335	100	133

Tabelle 14.

Nummer	Kost	Körpergewicht	Cal. an Wärme	Pro 1 *kg* Wärme
1	0	4·47	254·3	56·8
2	0	4·40	234·0	56·4
3	0	4·35	242·7	55·7
4	390 *g* Fleisch	4·35	330·0	76·1

Die Wärmebildung entspricht an den Hungertagen sehr nahe den Werthen der indirecten Calorimetrie, sie zeigt uns weiter, dass an dem Fleischfütterungstage nicht nur rechnerisch thatsächlich vermehrte Wärmebildung vorhanden ist, welche sich bis auf 1% genau mit dem Ergebnisse deckt, welches sich aus unserer Berechnung des Stoffumsatzes hat ableiten lassen.

Wir haben also durch den vorliegenden Versuch eine werthvolle Stütze für die Berechnung der früheren Experimente.

Am 3. Tage war bei Hunger 223·2 Cal. durch Leitung und Strahlung und 33·9 Cal. in Wasser und am 4. Tage bei Fütterung von 390 *g* Fleisch durch Leitung und Strahlung 283·6 und 50·3 Cal. in Wasser abgegeben worden.

Die Strahlung und Leitung hat um 22·5%, die Verdunstung um 48·7% zugenommen.

Serie IV.

Fleischeiweissstoffe.

Wir haben bis jetzt nur Fleisch als Eiweissträger gewählt und die Ergebnisse als eine Wirkung des Eiweisses angesehen, dies ist nach meiner Anschauung voll berechtigt. Wenn wir die Wirkung des Fleisches auf die Wärmebildung auf Grund meiner Untersuchungen über den calorimetrischen Werth des Fleisch-N betrachten, und dies geschieht bei der Berechnung des Bedarfes und des Ueberschusses, der immer nach dem physiologischen Nutzwerthe des Fleisches, nicht nach dessen gesammtem Wärmeinhalt berechnet ist, so ist darin schon ausgedrückt, dass nur die Eiweissstoffe und die leimgebenden Gewebe u. s. w. die wirksamen Substanzen sind.

Der Werth des Fleisches wird in der That nur durch seinen wirklichen Gehalt an complicirten N-Verbindungen bedingt und er ist nach dem directen Versuche im Thierleib bestimmt.

Es hat daher auch eine nebensächliche Bedeutung, dass ich zu der Zeit als die Verbrennungswärme des Fleisches nicht genau bekannt war, durch directe Versuche erst nachzuweisen mich bemühte, dass die Extractionsstoffe für die calorische Bedeutung des Fleisches nebensächlich sind.[1])

Bei Fleisch- und Eiweissnahrung wird allerdings der Nahrungsstoff immer unter Beigabe von Wasser eingeführt. Um auch diesen Einfluss nachzuprüfen, habe ich in kurzen Zeiträumen die Wirkung des Wassers, d. h. mässiger Mengen, auf den Kraftwechsel studirt.

Bei einem Hunde, der auch zu den nachfolgenden Versuchen gedient hat, wurde während des Hungerzustandes, in welchem, wie ich zuerst erwiesen habe, die Stoffzersetzung so ausserordentlich gleichmässig verläuft, in je dreistündigen Perioden die CO_2-Aus-

[1]) Auf neuere Versuche über Fleischextract von *Frentzel*, Arch. d. ges. Anat. und Physiol. 1901, komme ich an anderer Stelle zurück.

scheidung und der Harn untersucht. Temperatur und Ventilation des Respirationsapparates wurden möglichst gleich gehalten.

Tabelle 15.

Serie	Zufuhr	Harnvolum in cm^3	N im Harn pro 3 Stunden	Bemerkungen
I	—	19	0·866	
I	—	19	0·866	
I	—	16	0·894	7·085 N pro Tag
II	—	16	0·882	
II	—	16	0·882	
II	460 cm^3 Wasser	188	1·084	Später 0·784 pro 3 Stunden 6 632 N pro Tag
III	—	16	0·778	
III	—	16	0·778	
III	500 cm^3 Wasser	260	0·962	

Tabelle 16.

7. bis 9. November 1883.

Serie	Nummer des Versuches	Ventil. pro 3 Stunden	t im Mittel	N im Harn	C in der Respiration	C im Harn	Summe des C	C des Eiweisses abgezogen	Corrig. Werthe f. d. Eiweiss-C	Bemerkungen
I	1.	10·690	19·8	0·866	8·756	0·64	9·40	6·58	—	—
I	2.	10·208	17·8	0·866	9·276	0·64	9·92	7·10	—	—
I	3.	11·915	18·8	0·894	10·729	0·66	11·39	8·46	—	Das Thier wird aufgebunden, die Schlundsonde eingeführt
II	1.	11·545	21·3	0·882	10·59	0 66	11·25	8·36	—	—
II	2.	12·906	21·2	0·882	10·92	0·66	11·58	8·69	—	—
II	3.	11·214	20·6	1·084	10·12	0 81	10·93	7·38	8·04	Das Thier erhielt 460 cm^3 blutwarmes Wasser mit der Schlundsonde
III	1.	10·906	21·4	0·778	8·89	0·58	9·47	6·92	—	—
III	2.	10·942	21·5	0·778	11·02	0·58	11·60	9·05	—	—
III	3.	10·273	21·1	0·962	10·10	0 72	10·82	7·67	8·27	Das Thier erhielt 500 cm^3 blutwarmes Wasser mit der Schlundsonde

Bei Serie I blieb der Hund in Versuch 1 und 2 im Apparat und wurde dann rasch catheterisirt, aufgebunden, und eine Schlundsonde in den Magen geführt, die Sonde wieder herausgenommen und der Hund in den Apparat zurückgebracht.

Das Thier war bei dem Aufbinden und Einführen der Sonde aufgeregt und kam offenbar auch nach der Rückkehr in den Re-

spirationsapparat nicht sofort in Ruhe. Die Menge des in Versuch 3 ausgeschiedenen C ist grösser als in 1 und 2. N- und Harnausscheidung verliefen sehr gleichmässig, wie bei dem Hungerzustande die Regel.

In Serie II wurde der Hund wieder in Versuch 1 und 2 zur Controle beobachtet, dann rasch annähernd mit der Schlundsonde soviel Wasser eingeführt (blutwarm), als in einer reichlichen Fleischportion (740 Fleisch = 562 Wasser) enthalten sind. Es wurden 460 cm^3 eingebracht. Der Hund beruhigte sich diesmal rasch und kam in den Respirationsapparat zurück.

Die Harnmenge stieg, wie auch die N-Ausscheidung. Diese Vermehrung bedeutet nichts anderes als eine Ausspülung von Zersetzungsproducten, die in den nächsten Stunden durch Zurückhaltung von solchen compensirt wird, und in einem Tagesresultate sich nicht auffinden lässt. Die Tagesmenge der N-Ausscheidung betrug 6·632 g N gegenüber 7·085 des vorhergehenden Tages. Die Kohlenstoffausscheidung in der Respiration zeigt keine Aenderung, welche als eine Vermehrung des Umsatzes gedeutet werden könnte. Berechnet man den Fettumsatz, d. h. die Gesammt-C-Ausscheidung, abzüglich des Eiweiss-C, unter der Annahme einer gleichmässigen N-Ausscheidung, so erhält man die als corrigirte „Werthe" bezeichneten Zahlen.

Serie III ist genau ebenso angestellt wie Serie II und war der nächstfolgende Tag. Es konnten dem Thiere 500 cm^3 Wasser einverleibt werden. Die in Versuch 3 ausgeschiedene Wassermenge war gegenüber 16 auf 260 cm^3 gestiegen. Wieder zeigte sich die Erhöhung der N-Ausscheidung, die trotz des grösseren Harnvolumes auch nur 22% wie im Versuche vorher betrug. Es muss also bei der Auswaschung N-haltiger Zersetzungsproducte mehr auf die erste Mehrung der Wasserausscheidung als auf die Gesammtquantität des austretenden Harnwassers ankommen.

Durch meine Versuche kann als erwiesen gelten, dass die Flüssigkeitsaufnahme und die Nierensecretion keine Aenderung der Stoffzersetzung herbeiführen und jedenfalls nicht als Ursache der grossen Aenderung des Kraftwechsels, wie es selbst in dem Tagesmittel nach reichlicher Nahrungszufuhr uns entgegentritt, angesehen werden kann.

Ein grosser weiblicher Hund erhielt zwischen zwei Hungertagen an einem Tage reichlich von Fleischeiweiss zugeführt.[1]) Ochsenfleisch wird zerkleinert, sorgfältig ausgewaschen und mit der hydraulischen Presse ausgepresst. Der Rückstand besteht aus Syntonin, Myosin, leimgebendem Gewebe u. s. w. und ist frei von Extractivstoffen. Der Hund nahm die Eiweissstoffe — 1841 g solcher Substanz = 342·06 g Trockensubstanz — gern auf.

---

[1]) Siehe auch Zeitschr. XXII, S. 48.

Von den 56·78 *g* N, welcher in dem gefütterten Eiweiss vorhanden waren,[1]) hat das Thier nur 40·55 *g* zersetzt, also reichlich Eiweiss abgelagert = 16·23 *g* N für den einen Tag. Die C-Ausscheidung deckt sich nicht ganz für eine glatte Eiweisszersetzung mit dem ausgeschiedenen N, denn es fehlte noch 1·75 C hinzu.

40·55 N in den Fleischeiweissstoffen entsprechen 133·0 *g* C, während 134·75 in den Ausscheidungen vorhanden waren; demnach wäre etwas Fett zerlegt worden, wahrscheinlich erklärt sich aber die Differenz mit einer geringen Ungenauigkeit in der N-Ausscheidung. Ausser Rechnung kann freilich der C nicht belassen werden.

Tabelle 17.

19. bis 21. Juni 1883.

Tag	Zufuhr	N im Harn	N im Koth	C in der Respiration	C im Harn	C im Koth	Gesammt-C Ausscheidung	— C aus zerseztem Eiweiss	Gesammt-N-Ausscheidung	Ventilation pro 24 Stunden	Temp.
1.	Hunger .	5·41	0·05	83·04	3·43	0·28	86·75	68·84	5·46	87.000	14·4
2.	Eiweiss .	39·52	1·03	107·12	20·68	6·95	134·75	1·75	40·55	87.000	15·2
3.	Hunger .	9·37	0 05	83·19	5·37	0 28	88·84	57·34	9·42	89.000	15·4

Tabelle 18.

Zufuhr	Cal. aus Eiweiss	Cal. aus Fett	Summe der Cal.
Hunger	136·5	841·8	978·3
Eiweiss	1080·9	21·5	1102·3
Hunger	235·5	705·3	940·4

Vorstehende Tabelle zeigt die calorimetrischen Werthe. Danach hat also die reichliche Eiweisszufuhr, welche 1513·7 Cal. entsprach, eine Vermehrung der Wärmebildung, welche ganz vorübergehend war, hervorgerufen.

Im Mittel wurden bei Hunger 959·5 Cal. erzeugt, bei Nahrung 1102·3, also mehr um 14·8%, bei einem Ueberschuss von (959·6 : 1513·7) = 57·7%.

Die von Extract sorgfältig befreiten Eiweissstoffe des Fleisches haben also dieselbe Wirkung wie das volle Fleisch selbst, wie wir schon vorher gesagt haben, und wie es bei der Einstellung des nutzbaren Verbrennungswerthes des Fleisches von vorneherein als selbstverständlich anzusehen war.

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. XXI, S. 297.

Es wäre ja nur durch eine specifische Reizwirkung auf den Körper eine Differenz im Resultate zu erwarten gewesen, eine solche geht aber den Fleischextractstoffen völlig ab. Seine Wirkung auf die Secretion der Verdauungsdrüsen, die *Pawlow* dargethan hat, bleibt davon ganz unberührt.

Ich bemerke, dass neuere, unter besonderen Cautelen in meinem Laboratorium angestellte Versuche jedwede Reizwirkung des Fleischextractes im Sinne einer Mehrung des Energieverbrauches gleichfalls und definitiv widerlegt haben.

Alle Versuche mit Fleisch, wie auch jene mit Eiweiss, haben eine sehr bemerkbare Steigerung der Wärmebildung erkennen lassen. Die Zusammenstellung gibt hierüber Aufschluss.

Tabelle 19.

Serie	Bedarf	Cal. im Fleisch	Ueberschuss der Zufuhr	Zersetzung in Cal.	Anstieg in %	Temperatur
I	294·6	480·5	+ 63·4	330·2	+ 12·8	17·0°
II	462·8	576·0	+ 24·9	537·2	+ 15·9	16·9°
IV	959·6[1])	1513·7	+ 57·7	1102·3	+ 14·8	15·0°
III	244·0	375·0	+ 53·9	330·0	+ 35·2	20·2°

Für das sehr magere, billige Fleisch, wie es für die Ernährungsversuche mit Hunden benützt wurde, kann man nach meinen mehrfach ausgeführten Analysen meist nicht mehr wie 22·6 bis 22·7% Trockensubstanz annehmen, und an Fett rund 0·5% der frischen Substanz. Den Wärmewerth des frischen Fleisches nehme ich auf Grund dieser Analyse und der von mir früher mitgetheilten calorimetrischen Untersuchungen auf rund 96 Cal. pro 100 *g* an.

Wollte man nur das Fleisch, exclusive Fett, in Rechnung stellen, so wäre für 100 *g* Fleisch rund 91 Cal. als Standardzahl zu benützen. Aber es ist nicht angängig, allerorts mit derartigen Zahlen zu rechnen; ich habe Gelegenheit gehabt, in verschiedenen Stärken Analysen des käuflichen Futterfleisches auszuführen, und erhalte namentlich hier zumeist viel fetteres Fleisch als an anderen Orten.[2])

Die Fütterungsversuche würden vielleicht mit mehr Recht als für das ganze aus Eiweiss und Fett bestehende Fleisch besser nur für die N-haltige Substanz berechnet; denn dass diese das Wirksame sein muss, und dass das beigemengte Fett in den dabei vorkommenden Mengen so gut wie keinen Einfluss haben kann, lehren die früher mitgetheilten Fettversuche von selbst. Zu den Versuchen wurden vier

---

[1]) Mit Fleischeiweiss.

[2]) Das Berliner Fleisch ist meist etwas fetter und von grösserem Trockengehalt. 100 Theile Fleisch = 23·42% Trockens., bez. 1·13% Fett und 3·46 N. Siehe oben Cap. 2.

verschiedene Hunde benützt, bei allen zeigte sich die Wirkung des Eiweisses auf die Steigerung der Wärmeproduction, aber in verschiedenem Masse, so dass vorläufig eine einheitliche Formel für den Vorgang nicht zu gewinnen ist.

Die Unterschiede in quantitativer Hinsicht lassen sich erst später aufklären; nach meiner eingangs erwähnten theoretischen Anschauung würden allerdings nur drei Experimente I, II, IV genau zu vergleichen sein, weil ich fordern muss, dass solche Versuche zum mindesten bei gleicher Temperatur ausgeführt werden. Unter diesem Gesichtspunkte müsste allerdings Serie III ausscheiden.

Dies ist in der That der am meisten abweichende Versuch. Im Uebrigen sind die Differenzen nicht so sehr erheblich.

Während also das Eiweiss, in geringeren Mengen verfüttert, fast keinen Einfluss auf den Energieumsatz ausübt, sondern nur nach isodynamen Werthen für das Fett in die Zersetzung eintritt, gibt dieselbe Substanz, bei 25 bis 63% Ueberschuss zugeführt, bei 15 bis 17° Temperatur zwischen 13 und 16% Wärmezuwachs.

Im Vergleiche zu den früher mitgetheilten Versuchen bei Fettzufuhr haben wir offenbar einen Nahrungsstoff, der energisch die Wärmeproduction anregt, und zwar als unmittelbare Folge der vermehrten Zufuhr, nicht als eine Wirkung der Zustandsänderung.

Durch die vorliegenden Versuche ist also erwiesen, dass eine den Bedarf mehr oder minder überschreitende Nahrungszufuhr die Gesammtwärmeproduction des Fütterungstages nachweisbar, zum Theile sehr erheblich zu beeinflussen vermag. Jeder Nahrungsstoff kann eine solche Wirkung haben. Die Wirkung beschränkt sich auf den Fütterungstag. Sie findet sich in ganz ähnlicher Weise bei verschiedenen daraufhin untersuchten Thieren (Hunden).

Auch bei den Pflanzenfressern äussert sich dieser Einfluss, wie aus verschiedenen anderseitigen Beobachtungen hervorgeht.[1])

Die Versuche sind an verschieden grossen Thieren angestellt, die Stoffwechselintensität war eine vierfach verschiedene; ähnliche Ueberschüsse haben offenbar eine ganz ähnliche Mehrung der Wärmebildung gehabt. Die bestehenden geringeren Differenzen können bei den pro 1 *kg* so sehr verschiedenen Nahrungsmengen nicht als ein Ausdruck principieller Unterschiede gelten.

In den eben erwähnten vier Serien von Versuchen hat eine den Bedarf um 25 bis 63% überschreitende Nahrungszufuhr die Wärmeerzeugung um 13 bis 35% gegenüber den Hungertagen gesteigert. Es lohnt aber noch die Art der Zersetzung, welche nach Eiweisszufuhr sich geltend macht, ins Auge zu fassen. Gemäss der reicheren Zufuhr an Eiweiss haben wir in den Fütterungstagen überall sofort eine grössere Eiweisszersetzung eintreten sehen, das Eiweiss verdrängt das Fett aus dem Stoffconsum.

---

[1]) S. auch biol. Gesetz, S. 26.

Die quantitativen Verhältnisse waren aber höchst interessant. In nachfolgender Tabelle habe ich zusammengestellt, wie viel Cal. als Eiweiss zum Ansatz kamen in absoluter Zahl, in der dritten Spalte, wie viel diese Cal. auf die Kraftwechseleinheit — den Hungerbedarf ausmachten.

Tabelle 20.

Reihe	Ueberschuss der Nahrung in %	Angesetzt an Eiweiss (Cal.) in %	Eiweiss-Cal. angesetzt im Verhältnisse zum Cal.-Bedarf in %	Das Fett betheiligt sich an den Fütterungstagen in % an derVerbrennung	Das Eiweiss betheiligt sich an der Verbrennung in %	Die Gesammtwärmeproduction steigt in %
I	63·4	41·6	13·8	0	100	12·8
IV	57·7	435·2	44·2	1·8	98·2	14·8
II	24·9	88·4	19·1	20·2	79·8	15·9
III	53·9	124·8	50·6	32·7	67·3	35·2

Dabei sieht man ganz wechselnde Verhältnisse, das einemal wird bei gleichem Ueberschusse wenig, das anderemal viel angesetzt. Dies widerspricht also ganz der Vorstellung, dass nur eine Ueberschwemmung mit Nahrungsmaterial allein massgebend für die Mehrung der Verbrennung sei.

In Stab 5. ist das Mengenverhältnis, in welchem das Fett sich an der Wärmebildung betheiligt, angegeben, in Stab 6 der Zahlen für Eiweiss. Die Serien I, III, IV haben die gleichen Nahrungsüberschüsse, vom physiologischen Standpunkte also die gleiche Ueberfluthung des Körpers an Nahrungseiweiss, alle drei zeigen eine erhebliche Steigerung der Wärmebildung. Bei Ser. I und IV bestritt das Eiweiss fast ausschliesslich die Verbrennung allein, aber gerade dort, wo die Verbrennung am stärksten angeregt war, bleibt der Eiweissumsatz etwas zurück und ein Drittel der Wärme stammt aus verbranntem Fett. Wir haben es also bei diesen Wärmesteigerungen nicht mit einem einfachen Anfachen des Feuers durch reichliches Brennmaterial zu thun, sondern die Art der Verbrennung wird auch hier durch bestimmte Zustände des Körpers beeinflusst. Die Beziehungen zwischen zerlegtem Eiweiss und überschüssiger Wärmebildung sind anscheinend sehr wechselnde.

In Ser. I war bei einem Wärmezuwachs von 12·8% glatte Eiweissverbrennung vorhanden, bei Ser. III kamen auf 221·6 Cal. aus verbranntem Eiweiss eine Mehrung des Energieumsatzes eines Tages von 85 Cal. (gegenüber Hunger). Wenn das Eiweiss allein dieses Mehr an Wärme liefern musste, so haben 38·3% des Eiweissumsatzes dieses Mehr von 85 Cal. täglich liefern können. Das Eiweiss hat also in diesem unter dem vorliegenden Material extremsten Falle wohl hingereicht, die vermehrte Wärmebildung zu decken.

Die Quelle der überschüssigen Wärme nach reichlicher Eiweisszufuhr wird wohl zweifellos in dem Eiweiss selbst gesucht werden müssen; man könnte ja freilich denken, dass vielleicht auch Fett daran betheiligt ist.

Die letzte Annahme würde aber voraussetzen, dass bei Eiweisszufuhr bald das Eiweiss, bald das Fett die Kosten der Mehrzersetzung trägt, was unwahrscheinlich sein dürfte, da man bei ausschliesslicher Zufuhr von Fett keine Wirkung auf die Mehrung der Eiweisszersetzung sieht, und doch das Eiweiss selbst das die Wärmebildung stark anfachende Element darstellt. Die Annahme, dass der überschüssig zugeführte Nahrungsstoff auch in erster Linie die überschüssige Verbrennung deckt, hat daher die grösste Wahrscheinlichkeit für sich. Sie wird durch später mitzutheilende Erfahrungen noch bewiesen.

Es ist demnach durch die Versuche absolut sicherstehend, dass durch Eiweiss und Fett, in geeigneten Mengen verabreicht, sofort, auch wenn die Mehrzufuhr nur einen Tag währt, die Wärmebildung mehr oder minder stark gesteigert werden kann. Diese Wirkung ist bei Fleisch weder auf das Wasser, noch die Extractivstoffe, sondern auf die Eiweissstoffe selbst zu beziehen. Sie ist auch keine individuelle, sondern bei verschiedenen Thieren durch oben mitgetheilte Versuche als allgemein giltiges Ereignis bewiesen.

IV. Capitel.

Specifische dynamische Wirkungen der Nahrungsstoffe.

Wie ich schon 1885 mitgetheilt habe, lässt sich bei Vergleichung aller drei Hauptgruppen der organischen Nahrungsstoffe zeigen, dass specifische Wirkungen auf den Energieumsatz vorhanden sind. Aehnlich wie im vorigen Capitel für Fleisch und Eiweiss bei ganz verschiedenen Thieren und trotz ungleichen Gewichtes derselben bei dem gleichen relativen Ueberschusse über den Bedarf eine gleiche Procentsteigerung der Wärmebildung folgt, so kann man für die anderen Nahrungsstoffe das Gleiche nachweisen, nur sind die Werthe für die einzelnen Stoffe untereinander verschieden, und da sie sich in verschiedenen Experimenten in gleicher Weise verschieden verhalten, specifische, den einzelnen Stoffen eigenartige.

Von den Nahrungsstoffen sind die Kohlehydrate bis jetzt ausser Betrachtung geblieben; im Grunde genommen sind gerade sie die wesentlichsten und bedeutungsvollsten Theile unserer menschlichen Nahrung.

Wenn ich nun auch der Anschauung bin, dass die Nahrung im Ueberschuss überall ihre besondere Wirkung äussern wird, so war mir doch erwünscht, unter möglichst vergleichbaren Verhältnissen die Frage der specifischen Wärmebildung weiter aufzunehmen, in der Weise, dass in derselben Reihe mindestens zwei oder, wenn es gelang, auch alle drei Typen der Nahrungsstoffe einem Vergleiche unterzogen werden konnten.

Die Versuchsanordnung war im Allgemeinen so gewählt, dass genau isodyname Mengen der zu vergleichenden Nahrungsstoffe gereicht wurden, unter Einschaltung von Hungertagen, welche zum Vergleiche herangezogen werden sollten. Die Fütterung währte meist nur einen Tag, um zu verhüten, dass eine Aenderung des Körperzustandes eintrat. Die Ueberschüsse waren dieselben, die thermischen Verhältnisse ganz gleichartig, der Körperzustand des Thieres absolut derselbe. Wir dürfen also auftretende Differenzen als specifische Wirkungen der Nahrungsstoffe ansehen.

---

[1]) Sitzungsbericht d. bayer. Akademie 1885, S. 454.

Zu den Versuchen hat mir im Wesentlichen ein Hund gedient, der vorzüglich wegen seiner Ruhe und wegen seiner Fresslust am besten geeignet schien.

Ich füge diesen Experimenten noch weitere an einem kleinen Thiere an, um zu zeigen, dass diese Nahrungswirkungen von der Intensität des Stoffwechsels, also von der Grösse des Thieres unabhängig sind und glaube mich damit der Aufgabe überhoben, auch alle möglichen anderen Thiere noch weiter zu einer solchen Prüfung heranzuziehen. Die Ergebnisse des Capitels III beweisen nach jeder Richtung, dass es sich nicht um individuelle Eigenthümlichkeiten handelt.

Wenn man einem Thiere bei 15 bis 17° Lufttemperatur eine Nahrung gibt, die den Bedarf um 50% überschreitet, so erfolgt dabei allemal ein mehr oder minder grosser Ansatz von Stoffen. Das Thier ist also für alle seine Zwecke des Verbrauches, die Bestreitung des Eiweissbedarfes ausgenommen, natürlich vollkommen gedeckt.

Die Kost ist also bei Eiweiss nach allen Richtungen hin befähigt, den Körper zu erhalten, bei Fett und Kohlehydraten haben wir in allen Fällen einen mehr oder minder grossen Verlust an Eiweiss.

Bei Eiweisskost wird reichlich Eiweiss, in den anderen Fällen Fett oder Kohlehydrate angesetzt.

Serie I.

19. bis 23. Juni 1883.

Zu diesem Versuche diente eine grosse Hündin, es wechselte ein Fütterungstag mit einem Hungertag. Die Fütterung wurde so gewählt, dass Eiweiss,[1]) Fett und Kohlehydrat in ihrem Verbrennungswerthe gleich gross waren. Die Tabelle 21 gibt näheren Aufschluss:

Tabelle 21.

19. bis 25. Juni 1883.

Tag	Fütterungsart	N im Harn	N im Koth	Summe beider	C in der Respiration	C im Harn	C im Koth	Gesammt-C-Ausscheidung	Eiweiss-C abgezogen	Temperatur
2.	Hunger	5·41	0·16	5·57	80·31	3·30	1·32	84·93	67·43	14·3
3.	342 *g* tr. Eiweiss	39·52	0·78	40·30	103·32	20·88	5·20	129·30	(+3·5)	15·2
4.	Hunger	9·37	0·16	9·53	80·50	6·84	1·32	88·66	57·55	15·9
5.	167 *g* Schmalz .	5·08	0·16	5·24	80·67	3·71	1·32	85·70	68·59	15·1
6.	Hunger	3 85	0·16	4·01	75·74	2·87	1·32	79 93	66·78	15·8
7.	191 *g* Rohrzucker, 220 *g* Stärke .	3·80	0 16	3·96	101·68	2·80	1·32	105·85	92·86	16·9
8.	Hunger	5·51	0 16	5·67	80·55	3·82	1·20	85·60	67·09	16 9

[1]) Ausgewaschenes Fleisch.

Um die „Kohlehydrate" leichter resorbirbar zu machen, wurden etwa 50% als Rohrzucker gereicht. Unter dem Einflusse der reichlichen Eiweisszufuhr steigt sofort die Eiweisszersetzung gewaltig auf das Achtfache und die C-Ausscheidung um etwa 20%. Es bestritt das Thier seinen Umsatz ganz mit Eiweiss. Der darauffolgende Hungertag unterscheidet sich vom ersten Hungertage nur durch höhere Eiweisszersetzung, indes die C-Ausscheidung unwesentlich vermehrt ist. Am folgenden Tage mit Fettzufuhr sinken Eiweiss und Fettzersetzung weiter, wie auch an dem nächstfolgenden Hungertage. Die Kohlehydrate steigern sehr stark die C-Ausscheidung. Nur Eiweiss- und Kohlehydratzufuhr hatte einen starken Einfluss auf die Kohlenstoffausfuhr.

Anmerkung. 342. 1 Trockensubstanz, mit 9·95 Asche = 332·1 Reineiweiss, 56·8 N enthaltend.

Der Harn gibt keine Indigoreaction, er enthält 7·25 *g* Traubenzucker.

220 *g* frische Stärke = 186·8 trockene Stärke = 163·3 C — 2·9 = 160·4 = = 152·3 Cal.

152·3
92·9

59·4 Cal. pro Tag angesetzt.

Ueber die Wärmeproduction lässt sich Folgendes sagen:

Tabelle 22.

19. bis 25. Juni 1883.

Tag	N im Ganzen	Fett C	Kohlehydrat C	Cal. Eiweiss	Cal. Fett	Cal. Kohlehydrat	Summe	Gewichtsmittel
2.	5·57	67·4	—	139·8	829·3	—	969·2	24·11
3.	40·30	—	—	1092·1	—	—	1072 0	23·94
4.	9·53	57·55	—	239·2	707·9	—	947·1	23·75
5.	5·24	68·59	—	132·5	829·9	—	962·5	23·50
6.	4·01	66·78	—	100·6	821·4	—	922·0	23·27
7.	3·96	—	92·86	99·4	—	882·2	981·6	23·22
8.	5·17	67·09	—	141·5	834·8	—	976·6	23·22

Die Eiweissfütterung steigert sofort die Wärmebilanz gegenüber dem Hungertage und diese sinkt an dem auf den Eiweisstag folgenden Hungertag wieder ab, also eine Art momentaner Wirkung, die gerade so lange als Eiweiss im Körper sich findet, anhält. Es kann sich dabei um keine „Beschaffenheitsänderung der Zellen" handeln, solche verfliegen nicht von einem zu dem anderen Tage.

Fettfütterung verändert die Wärmeproduction so gut wie gar nicht, indes zeigt der etwas starke Abfall der Wärmebildung gegen den nach Fett folgenden Hungertag, dass doch dem Fett auch eine gewisse, wenn auch bescheidene Wirkung auf die Wärmebildung zugekommen sein mag. Die Kohlehydrate äussern einen stärkeren Einfluss auf die Wärmebildung als das Fett, doch weniger als das

Eiweiss. Daraus folgt, dass die Nahrungsstoffe in ungleichem Grade die Verbrennung zu steigern in der Lage sind.

Eine genauere Rechnung über die Wirkung der Nahrungsstoffe erlaubt die folgende Zusammenstellung:

Tabelle 23.

Juni 1883.

Zufuhr	Wärmebedarf	Wärmewerth und Zufuhr	Zersetzung und Cal.	Die Zufuhr übersteigt den Bedarf	Die Zersetzung steigt um	Von dem Ueberschusse wird zersetzt
Eiweiss . .	953	1513	1072	58	+ 12·5	21·5
Fett . . .	953	1536	962	61	+ 0·9	1·4
Kohlehydr.	953	1446	982	52	+ 3 0	5·7

Die in den Nahrungsstoffen zugeführte Spannkraft betrug an 60% mehr als die Zersetzung an den Hungertagen. Der Kraftwechsel des Thieres stieg unter dem Einflusse der Eiweisskost um 12%, bei Fettkost um 1% und bei Kohlehydratkost um 3%.

Von dem Ueberschusse wurde bei Eiweiss am meisten, weniger bei Kohlehydrate, am wenigsten bei Fett zersetzt.

Die Differenzen weichen bei dem Fett und Kohlehydrat so wenig von den isodynamen Werthen ab, dass man den Versuch ebenso gut noch als ein Beispiel echter isodynamer Vertretung ansehen kann, bei dem Eiweiss ist die Abweichung aber bereits bemerkenswerth gross.

Serie II.

25. bis 30. März 1885.

Nachdem der Hund gehungert hatte, erhielt er nahezu die gleiche Menge an Calorien wie im vorigen Versuche zugeführt, nämlich 51% Ueberschuss über den Bedarf, zunächst 2 Tage Fleischeiweissstoffe (ausgewaschenes Fleisch), dann folgten 2 Hungertage, dann 1 Tag mit Speckfütterung (54% Ueberschuss). Hieran schloss sich Fütterung mit noch reichlicherem Ueberschuss, auf welche Experimente wir später zurückkommen werden.

Am ersten Tage der Eiweissfütterung zersetzte das Thier ausser Eiweiss noch etwas Fett, weil die Resorption des Eiweisses offenbar nicht so schnell von Statten geht, um gleich in den ersten Stunden alles Fett von der Zersetzung zu verdrängen. Am zweiten Tage lebte der Hund nur auf Kosten des Eiweisses, von welchem aber ein Theil des C im Körper zurückblieb. An dem der Eiweissfütterung folgenden Hungertage hielt sich noch die Eiweisszersetzung etwas höher als an dem der Fütterung vorhergehenden Hungertage.

Tabelle 24.

25. März bis 2. April.

Nummer	Zufuhr	N im Harn pro Tag	N im Koth	Summe beider	C in der Respiration	C im Harn	C im Koth	Gesammt-C-Ausscheidung	Eiweiss-C abgezogen	t. in o. C	Ventilation
1	—	5·41	0·24	5·66	78·45	3·99	1·61	84·05	65·45	14·4	63.000
2	—	4·87	0·24	5·10	76·89	3·59	1·61	81·09	64·33	14·8	63.000
3	320 *g* trock. Eiweiss .	32·01	0·78	32·79	104·43	16·64	5·20	126·07	18·44	15·9	61.000
4	320 *g* trock. Eiweiss .	40·84	0·78	41·62	110·75	21·64	5·20	140·17	+ (2·82)	16·4	63.000
5	—	10·27	0·24	10·51	82·33	7·67	1·61	91·61	57·14	14·9	64.000
6	—	6·85	0·24	7·09	75·83	5·14	1·61	82 58	59·33	15·0	61.500
8	153 *g* Speck	7·67	0·24	7·91	85·06	3·75	1·61	90·42	64·47	15·5	61.000
9	2000 *g* Fleisch .	50·82	0·79	51·61	133·30	31·51	5·22	170·01	(0·73)	16·8	62.800

Am Fettfütterungstage ist die C-Ausscheidung nicht sehr gesteigert, die Eiweisszersetzung vielleicht wegen der Membranen, die mit dem Speck eingeführt wurden, etwas höher als sonst zu erwarten war.

Die calorischen Werthe sind folgende:

Tabelle 25.

25. März bis 2. April 1885.

Nummer	Wärmewerth der Zufuhr	N ausgeschieden	Fett-C ausgeschieden	Wärme aus Eiweiss	Wärme aus Fett	Gesammt-Wärmebildung
1	--	5·66	65·45	142·1	805 0	947·1
2	—	5·10	64·33	128·3	791·3	919·5
3	1412	32·79	18·44	872 2	226·8	1098·8
4	1412	41·62	—	1108·9	—	1108·9
5	—	10·51	57·14	263·8	703·4	967·2
6	—	7·09	59·33	177·9	729·7	907·6
8	1442	7·91	64·47	198·5	793·0	991·5
9	1926	51·61	—	1352·2	—	1352·2

Die Wärmebildung ist an den beiden Hungertagen nahezu identisch. Die geringe Schwankung mag auf kleine Temperaturdifferenzen der Luft zurückzuführen sein. Unter dem Einflusse der Eiweisszufuhr geht die Wärmebildung sofort in die Höhe und nimmt am zweiten Tage noch etwas zu. Am darauffolgenden Hungertage sinkt die Wärmebildung entsprechend sofort; eine Nachwirkung hat die Eiweiss-

fütterung also nicht erzeugt. Bei der Fettzufuhr hebt sich dann die Wärmebildung aufs neue, aber nicht mehr zu der bei Eiweisszufuhr erreichten Höhe. Die Ergebnisse stehen also mit der ersten Serie in Einklang. Betrachten wir die quantitativen Verhältnisse etwas näher, so ist Folgendes zu bemerken:

Tabelle 26.

Versuch vom 25. März bis 2. April 1885.

Wärmebedarf in Cal.	Wärmewerth der Zufuhr	Wärmewerth der Zersetzung	Die Zufuhr übersteigt den Bedarf um x %	Die Zersetzung steigt an um x %	Von dem Ueberschusse werden zersetzt
935·3	1412	1098·8	50·9	17·5	34·2
935·3	1412	1108·9	50·9	18·5	36·4
937·4	1442	991·5	53·8	6·0	10·7
937·4	1926	1352·2	105·4	44·3	41·9

Nach Stab 5 sind bei Eiweissfütterung rund 18% Cal. mehr erzeugt worden als vordem, von der ganzen Menge des Ueberschusses wurden nur 35·3% angegriffen, während im vorigen Versuche bei 12% Steigerung und Wärmebildung nur 20·5% des Ueberschusses zerlegt wurden.

In den relativen Werthen ist die Uebereinstimmung also keine vollkommene. Fett erzeugt eine Zunahme der Wärmebildung um nur 6%, auch hier etwas mehr, als im vorigen Versuche, wo der Zuwachs nur 1% ausmacht. Zur Erklärung könnte man vielleicht sagen, dass in erster Serie Butterschmalz, hier in der zweiten Serie Speck gegegeben worden sei. Das Wesentliche des Resultates bleibt, dass Eiweiss und Fett ganz verschieden in der Fähigkeit die Wärmebildung anzuregen sich verhalten.

Serie III.

13. bis 24. Mai 1885.

Nachdem der Hund durch gute Fütterung und Aufenthalt im Freien sich wieder erholt hatte, wurde eine neue Serie von Versuchen ausgeführt. Vom 13. bis 17. Mai hungerte das Thier, vom 17. bis 21. Mai wurden je 1500 *g* frisches Fleisch verabreicht, dann folgte ein Hungertag, am 22. Mai wurde 153 *g* Speck und 400 *g* Wasser, am darauffolgenden Tage 220 *g* trockene Stärke (als Kuchen) und 136 *g* Rohrzucker verabreicht. Die Details dieser Reihe finden sich später.

Der Hund reagirte im Hunger auf die absichtlich different gehaltene Temperatur, setzt aber dann unter dem Einflusse des Fleisches mit einer gleichmässig steigenden Zersetzung ein. Nach einem Hungertage wurde Speck, dann Kohlehydrate gereicht, Stärke und Zucker gemischt, da er schwer zu bewegen war, nur Zucker zu nehmen,

dabei ist die Stärke von Vortheil. Gerade bei Fütterung mit Kohlehydraten hat man mancherlei Schwierigkeiten zu überwinden, und jeder Hund will wieder besonders behandelt sein. Wer grössere Erfahrungen bezitzt, wird nicht auf den Einfall kommen, ein Universalrecept aufzustellen, nach dem man in allen Fällen verfahren soll.

Tabelle 27.

Tag	Zufuhr	Temperatur	Pro 1 *kg* Cal.
13.	Hunger	11·8	40·6
14.	„	15·9	36·0
15.	„	12·9	39·1
16.	„	17·5	35·2
17.	1500 *g* Fleisch	13·9	46·0
18.	1500 *g* „	19·3	47·5
19.	1500 *g* „	13·1	48·7
20.	1500 *g* „	20·2	49·8
21.	Hunger	—	—
22.	153 *g* Speck	14·3	39·9
23.	320 *g* tr. Stärke, 136 *g* Zucker	15·2	39·9

Die Detailangaben über den Fett- und Kohlehydratversuch findet sich nachstehend.[1])

Tabelle 28.

22. bis 23. Mai 1885.

Tag	Zufuhr	N im Harn	N im Koth	Summe	C in der Respiration	C im Harn	C im Koth	Summe	Fleisch-C abgezogen	Cal. aus Eiweiss	Cal. aus Fett und Kohlehydrat	Summe	Pro 1 *kg* Cal.	Temperatur
1.	153 *g* Speck .	8·94	0·24	9·18	86·75	6·70	1·61	95·1	64·9	229·5	798·9	1028·4	39·4	14·3
2.	220 *g* Stärke, 136 *g* Rohrzucker . .	5·12	0·24	5·36	113·1	3·8	1·6	118·5	97·9	134·0	894·0	1028·0	39·4	15·2

Zum Vergleiche von Fleisch, Fett, Kohlehydraten ziehe ich die der Fleischreihe vorausgehenden Hungertage (14. und 15. Mai) heran, deren Mitteltemperatur den Versuchstemperaturen gleichkommt. Uebrigens ist dies ein zunächst nebensächlicher Punkt, ob die Fütterungstage von gleicher Temperatur mit einer Hungerperiode waren, die man zur Basis nimmt.

---

[1]) Das Thier hat an dem einen Tage 50 *g* C angesetzt, mit Hinzurechnung kleiner Mengen von C im Fett 57 *g*.

Doch werden wir auf diese Beziehungen später eingehen. Die Zahlen habe ich auf 1 *kg* Körpergewicht reducirt, weil die Hungertage etwas abliegen und die Aenderung des Körpergewichtes in der That nicht ganz ohne Belang war. Somit ergibt sich dann folgende Generalübersicht:

Tabelle 29.

11., 22., 23. Mai 1885.

Pro 1 *kg*.

Zufuhr	Bedarf	Wärme der Zufuhr	Wärme der Zersetzung	Ueberschuss übersteigt den Bedarf	Die Zersetzung steigt um %
Fleisch	37·5	57·4	46·0	+ 3·1	+ 24·3
Fett	37·5	54·2	39·4	+ 44·5	+ 5·1
Kohlehydrat . .	37·5	57·0	39·4	+ 52·2	+ 5·1

Die Ueberschüsse waren nicht absolut gleich, aber sehr annähernd, dabei stieg die Wärmebildung sehr ungleich, die Fleischtage sind den Tagen mit N-freier Kost weit überlegen. Offenbar würde die Zahl für das Fett noch etwas über die Kohlehydratzahl gestiegen sein, wenn der Ueberschuss ein völlig gleicher gewesen wäre. Man hat also auch hier wieder den Gegensatz zwischen N-haltiger und N-freier Kost.

Eine 2000 *g* Fleisch entsprechende Fettmenge erbrach der Hund, so dass die Reihe damit beendigt werden musste. Wir sehen also, dass wir mit den gewählten Ueberschüssen die Grenzen der Leistungsfähigkeit der Verdauungsorgane unseres Hundes erreicht haben. Auch mit den Nahrungsmengen, welche er ein bis zwei Tage gut vertrug, wäre eine längere Durchführung der Versuche unmöglich gewesen. Wenn nicht wie durch die Arbeit oder durch Kälte ein wirkliches Bedürfnis für einen Mehrverbrauch an Nahrung geschaffen wird, verhalten sich die Hunde gegenüber reichlicher Fütterung alsbald ablehnend.

Serie IV.

Ich habe bereits bei den Fütterungen mit Fett und jenen mit Fleisch dargethan, dass verschiedene Hunde in ähnlicher Weise reagirten, es war mir daher von vorneherein nicht zweifelhaft, dass es sich hier um allgemeine Ernährungsgesetze des Warmblüters und nicht um Eigenheiten eines einzelnen Thieres handeln muss.

Der Vollständigkeit halber mag aber noch eine Versuchsreihe an einem kleinen Hunde erwähnt sein. Die Versuchsanordnung war nicht ganz die gleiche wie in den anderen vorher mitgetheilten Reihen, aber insoferne von besonderem Interesse, als dem Fleisch die minderwerthigen Kohlehydrate in der Weise gegenübergestellt wurden,

dass von letzteren eine im Verhältnis von 481·5 : 749·4 = 100 : 155·7 grössere Energiemenge zugeführt wurde.

Das Thier war vor dem Versuch längere Zeit mit 500 *g* Fleisch gefüttert worden, an den Kohlehydrattagen wurde über die Hälfte der Zufuhr in Rohrzucker gegeben.

Tabelle 30.

21. bis 26. Februar 1883.

Nr.	Zufuhr	N im Harn im Tag	N im Koth	Summe beider	C in der Respiration	C im Harn	C im Koth	Gesammt-C-Ausscheidung	Eiweiss C abgezogen	Temp.	Ventil.
1.	500 *g* Fleisch, 50 *cm*³ Wasser	16·60	0·20	16·80	39·23	10·13	1·43	50·79	(+4·31)	16·3	71.000
2.	Hunger	3·65	0·05	3·70	30·32	2·74	0·57	33·63	21·49	18·4	73.000
3.	„	2·59	0·05	2 64	25·79	2·14	0·57	28·50	19·84	19·2	70.000
4.	100 *g* Rohrzucker, 84·9 *g* Stärke, 100 *cm*³ Wasser	1·70	0·05	1·75	35·59	1·27	0·57	37·43	31·69	18·2	75.000
5.	100 *g* Rohrzucker, 84·9 *g* Stärke, 100 *cm*³ Wasser	0·72	0·05	0·77	39·32	0 58	0·57	40·47	37·95	18 6	72.000

Nach der Fleischfütterung, bei welcher eine geringe Menge von C im Körper verblieb, sinkt die C-Ausscheidung am nächsten Hungertage bedeutend, in minderem Grade am zweiten Hungertage. Bei der Kohlehydratzufuhr steigt sie sofort wieder am zweiten Tage höher als am ersten. Als Wärmewerthe erhielt man Folgendes:

Tabelle 31.

21. bis 26. Februar 1883.

Nr.	N ausgeschieden	Fett-C ausgeschieden	C aus Kohlehydrat	Wärme aus Eiweiss	Wärme aus Fett	Wärme aus Kohlehydrat	Gesammtwärmebildung
1.	16·80	(+4·31)	—	440·16	(+44·39)	—	395·77
2.	3·70	21·49	—	92·87	264·33	—	357·20
3.	2·64	19·84	—	66·26	244 03	—	310·29
4.	1·75	—	31·69	43·75	—	301·05	344·80
5.	0·77	—	37·95	19·25	—	370·52	389·77

Die Wärmebildung fällt am ersten Hungertage stark ab, aber auch noch am zweiten Hungertage. Die Ursache liegt in dem Umstande, dass während der langen Fleischfütterung zweifellos Glykogen angesetzt wurde, von dem ein nennenswerther Theil am ersten Hunger-

tage zerlegt wurde. Näheres über das Vorkommen derartiger Fälle habe ich auf Grund directer calorimetrischer Messung an anderer Stelle berichtet.[1]) Wenn der verbrannte C als Fett berechnet wird, ein Theil davon aber von Glykogen herrührt, so wird die berechnete Wärme zu gross. In dem oben berührten Falle war die wirkliche Wärmebildung um 3·15% kleiner als die berechnete.

Sofort mit der Kohlehydratzufuhr hebt sich die Wärmebildung, auch hier am zweiten Tage nochmals steigernd; die Wärmeerzeugung aus Eiweiss war auf 4·94% gesunken, 95·14% stammten aus den Kohlehydraten.

Tabelle 32.

21. bis 26. Februar 1883.

Wärmebedarf in Cal.	Wärmewerth der Zufuhr	Wärmewerth der Zersetzung	Die Zufuhr übersteigt den Bedarf um x%	Die Zersetzung steigt an um x%	Von dem Ueberschusse werden zersetzt
310·29	481·5	395·77	55·1	27·5	49·94
310·29	749·4	344·80	141·5	11·1	7·8
310·29	749·4	389·77	141·5	25·1	18·1

Durch die Eiweisskörper wird auch bei dem kleinen Thiere die Verbrennung fast ebenso gesteigert wie die Zahlen am grossen Hunde gezeigt haben. Die Kohlehydrate aber haben trotz ihrer relativ reichlicheren Zufuhr, die wohl den Grenzen des Resorptionsvermögens des kleinen Thieres nicht mehr sehr ferne gestanden haben mag, die Wärmebildung nicht so angeregt wie das Eiweiss, was mit den Ergebnissen beim grossen Thiere in Einklang steht.

Anmerkung. Bei diesem Kohlehydratversuch bliebe noch zu erwähnen, dass sich Zucker im Harn fand; am ersten Tage 3·29% Rohrzucker, 0·29% Traubenzucker = 7·16 *g* pro Tag, Rohrzucker entsprechend; am zweiten Tage fanden sich nur 0·96% Rohrzucker, 1·10% Traubenzucker = 4·12 *g* Rohrzucker pro Tag.

Die Zuckermengen des Harnes sind hier, wie überhaupt immer, von den Einnahmen in Abzug gebracht.

Harn vom ersten Tage gab mit der *Trommer*'schen Probe fast keine Zuckerreaction; der Harn vom zweiten Tage aber starke.

Früher hatte derselbe Hund bei 110 *g* Rohrzucker 4·2 bis 5·9 *g* Rohrzucker täglich ausgeschieden.

Auch bei dem grossen Hunde fand ich bei 191 *g* Rohrzuckerfütterung Zucker im Harn, aber nur Traubenzucker = 7·25 *g* pro die. Bei 100 *g* im Tage schien der Harn nur etwas stärker zu reduciren als gewöhnlicher concentrirter Hundeharn.

Wenn man hier beachtet, dass die Kohlehydratzufuhr fast einer doppelt so grossen Zufuhr sich nähert, wie das Fleisch bot, so würde die Wirkung nach dem vorhergehenden Versuche sehr klein zu be-

[1]) Zeitschr. f. Biol. Bd. XXX, S. 121.

messen sein. Ob die stärkere Steigerung der Zersetzung am zweiten Hungertage nicht zufälligen Umständen entsprach, lässt sich nicht mehr feststellen, ist aber wahrscheinlich.

In allen vergleichenden Versuchen bei dem im vorigen Abschnitte behandelten Material wie bei diesem ergibt sich mit absoluter Sicherheit, dass isodyname Mengen verschiedenartiger Nahrungsstoffe, in reichlicher Menge zugeführt, eine ungleiche energetische Wirkung ausüben.

Specifische Unterschiede sind in allen vier Reihen vorhanden. Die Versuche I und III geben einen Vergleich aller drei Nahrungsstoffe unmittelbar bald hintereinander gefüttert, II und IV vergleichen Eiweiss und Fett und Eiweiss und Kohlehydrat.

Auch hier zeigt es sich, dass die Wirkungen der Nahrungsstoffe nicht mit den absoluten Mengen im Zusammenhange stehen, dass ihre Bemessung nach dem Bedarfe, das beste Mass ihrer wärmesteigernden Einflüsse, abgibt; so werden wir im Folgenden also an dieser Darstellung der Ernährungsverhältnisse festhalten, zumal durch sie, wie schon erwähnt, eine allgemein von der Grösse der Thiere unabhängige Darstellungsweise der Versuchsergebnisse möglich ist.

Die Versuchsergebnisse sind nicht nach allen Richtungen hin befriedigend ausgefallen. Wenn auch in keinem einzigen Falle der Unterschied der specifischen Wärmewirkung zwischen N-haltigem und N-freiem Material fehlt, so sind doch die Differenzen zwischen den N-freien Stoffen keine genügend scharfen und exacten. In dem einen Falle scheint das Fett, in dem anderen die Kohlehydrate das stärkere wärmeerzeugende Material zu sein. Aber man sieht ziemlich unschwer, woran die ganze Methodik ihre Grenze findet. Die Wirkungen der N-freien Stoffe sind innerhalb der gewählten Ueberschüsse zu klein, als dass sie nicht durch unvermeidliche Schwankungen der Wärmeproduction bei den Thieren — seien es nun die Fütterungstage oder die als Basis der Rechnung gewählten Hungertage — beeinflusst werden müssten.

Die Fragestellung: was wirkt mehr, Fett oder Kohlehydrat? hat eine grosse Schwierigkeit zu überwinden. Im Uebrigen ist noch auf ein Moment aufmerksam zu machen.

Trotz approximativer Vorausberechnung war es nicht immer geglückt, die Ueberschüsse absolut genau miteinander übereinstimmend zu machen. Einmal lässt sich der exacte Werth des Futters oft erst nach dem Versuche entscheiden, und dann kommen Schwankungen im Energieverbrauche im Hunger vor.

Wenn man nun die beiden Serien bei 52 bis 55% Ueberschuss zusammenlegt, bei welchen alle drei Nahrungsgruppen nacheinander geprüft wurden, so würde man als Ueberschuss an Wärme erhalten:

Bei Fleisch und Eiweiss	18·4%
„ „ „ Fett	3·0%
„ Kohlehydrat	3·5%

Ich habe hier die gesammten Wärmewerthe — Fleisch und Fett — als Aufnahme berechnet; dies ist, wie ich bemerke, wohl nicht ganz exact, da ja die beiden Componenten Eiweiss und Fett, jedes für sich ganz different specifisch dynamische Wirkungen entfalten und selbstverständlich im Fleisch eingeschlossen nicht anders wirken kann, als neben dem Fleisch als Zugabe gefüttertes Fett.

Die Trennung wurde aber mit Absicht vorläufig nicht durchgeführt, weil eine exacte Rechnung für den auf Fett und den auf Eiweiss treffende specifische Wirkung in überzeugender Weise hier noch nicht gegeben werden kann. Wir kommen aber später auf diese schärfere Trennung zwischen Eiweiss und Fett zurück, nur das ergibt sich von selbst, dass die Wirkung des Eiweisses selbst mächtiger sein muss, als sie hier erscheint, weil ja die im Fleisch eingeführten Calorien manchmal bis zu ein Viertel aus dem beigemengten Fette stammen.

Man kann es als für erlaubt halten, die direct erhaltenen Werthe in der Weise abzugleichen, dass man annimmt, dass die Mehrbildung an Wärme eine Folge des Nahrungsüberschusses sei. Diese Auffassung ist zwar, wie wir später beweisen werden, nicht ganz richtig, aber für geringe Differenzen im Nahrungsüberschusse annähernd zutreffend.

Dann würden alle in diesem Capitel aufgeführten Werthe, mit Beiseitelassung eines bei sehr grosser Fleischfütterung und ebenso eines solchen bei sehr überreichlicher Kohlehydratfütterung erhaltenen lauten:

Für Fleisch und Eiweiss	+ 19·0%
„ „ „ Fett	+ 4·0%
„ Kohlehydrat	+ 3·9%

Man kann versucht sein, auch andere Versuche mit Ueberschüssen von mehr als 50 bis 60% hier heranzuziehen und wenn ich auch dabei mit Berücksichtigung der Versuche in Capitel III und dem folgenden Capitel V bei einer Rechnung Ergebnisse erhalte, die sehr wohl mit den erhaltenen Zahlen in Parallele gestellt werden können, so kann man damit dem Ziele, das ich anstrebe, nicht näher kommen, aus Gründen, die im Späteren eingehend behandelt werden.

Die Unterschiede sind also im Gesammtmittel sehr erheblich und tritt ein scharfer Gegensatz zwischen die N-haltigen und N-freien Stoffe auf das drastischeste hervor. Die Werthe für Fett und Kohlehydrate sind so klein, dass es fraglich erscheinen kann, ob man sie unter den gegebenen Versuchsbedingungen überhaupt scharf genug erheben kann. Dies ist nicht von besonderer Bedeutung, da wir uns vorläufig genügen lassen, die Differenzen nachgewiesen zu haben.

---

[1]) Diese oben mitgetheilten Zahlen sind etwas kleiner für die Kohlehydrate als ich früher angab; dies beruht darauf, dass die Experimente, um genauere Mittelzahlen zu gewinnen, bei dieser Frage nicht combinirt werden können, während ich früher eine solche Zusammenlegung für berechtigt ansehen durfte.

Auf welche wirkenden Ursachen diese Unterschiede zurückzuführen sind, wollen wir vorläufig auch dahingestellt sein lassen.

Um nichts zu präjudiciren, will ich die Wirkung nicht mehr kurzweg als Drüsenarbeit bezeichnen, sondern für diese wärmemehrende Eigenschaft der Kost den Ausdruck specifisch dynamische Wirkung wählen.

Die Nahrungszufuhr ist so reichlich in allen Fällen gewesen, dass die eingeführten Nahrungsstoffe natürlich stets in der Lage waren, die Wärmemehrung zu bestreiten.

Sie sind dabei nicht aufgezehrt worden, sondern überall haben wir einen mehr oder minder erheblichen Ansatz von Stoffen erzielt, N-Ansatz bei Fleisch- und Eiweissfütterung, C-Ansatz bei Fett und Kohlehydraten. Die Grösse der Sparung ist in den einzelnen Fällen näher angegeben.

Die N-freien Stoffe hätten demnach rund ein Sechstel der dynamischen Wirkung der Fleischeiweissstoffe. Weitere Schlussfolgerungen lassen sich aber vorläufig nicht ziehen; ich habe mich überzeugt, dass es auf dem hier eingeschlagenen Wege nicht möglich ist, klar und eindeutig und in absoluten Zahlen die dynamische Wirkung zu erfahren.

Die Versuche können aber wieder als Beweis dienen, dass erst bei sehr grossen Ueberschüssen Verschiebungen in den isodynamen Werthen eintreten, bei Fett und Kohlehydraten sind selbst bei diesen grossen Nahrungsmengen die isodynamen Werthe dieselben. Eiweiss zeigt zuerst, wie ich gleich bei meiner ersten Publication bemerkte, eine gewisse Tendenz zur Abweichung.

V. Capitel.

Variationen des Ueberschusses.

Die Nahrungsüberschüsse haben sich in den bisherigen Versuchen innerhalb mässiger Grenzen bewegt. Man kann übrigens die Grösse der Nahrungszufuhr wenigstens für die kurze Versuchszeit eines oder zweier Tage noch erheblich steigern; gelangt aber allerdings doch verhältnismässig bald zu einer oberen Grenze, bei der eine einmalige Fütterung nicht mehr durchführbar ist, die Bewältigung der Verdauung der grossen Nahrungsmengen das äusserste Mass erreicht und häufig genug Erbrechen den Experimenten ein unwillkommenes Ende bereitet. Zwangsfütterungen einzuleiten hielt ich mit Rücksicht auf die hier vorliegenden Fragen für gefährlich. Sie versagen auch in den meisten Fällen beim Hunde, indem diese nachträglich erbrechen. Ich habe durchaus im Laufe der Jahre den Eindruck gewonnen, dass auch bei den Hunden mehr als man denken mag die Ertragbarkeit des Futters und ihr Appetit von dem wahren Nahrungsbedarf, wie derselbe dem Ernährungszustande angepasst ist, abhängt. Dieselbe Menge von Futter, welche manche meiner Versuchsthiere bei 0^0 gerne fressen und wohl vertragen, auch bei längerer Fütterung, weigerten sie sich bei 33 bis 34^0 schon beim erstenmale aufzunehmen.

Die Verweigerung der Nahrungsaufnahme darf man aber nicht als einen directen Beweis der Unmöglichkeit der Verarbeitung im Darme ansehen, sondern hier liegen offene psychische Vorgänge — regulatorischer Art, wie wir sehen werden — zugrunde, welche der Nahrungsaufnahme Grenzen setzen.

Die nachstehenden Versuche sollten zeigen, dass auch bei weiterer Steigerung der Nahrungszufuhr bis an die maximalen Grenzen die specifisch dynamische Wirkung erhalten bleibt. Es konnte aber natürlich von vorneherein nicht als ausgemacht gelten, ob diese Steigerung n dem gleichen oder ähnlichen Masse wie bei kleineren Nahrungsmengen eintritt. Weiteres Interesse konnten die Versuche aber dadurch erwecken, dass der Organismus in seiner Leistungsfähigkeit der Zersetzung in einen gewissen Conflict mit der grossen Ueberfluthung mit Nährmaterial kommen konnte. A priori hätte man vielleicht vermuthen dürfen, dass schliesslich ein grosser Theil des Nährmateriales unverarbeitet liegen bleibt.

Mit diesen Schwierigkeiten hatte ich es alsbald auch zu thun, aber in einer kleinen Zahl von Versuchen ist es doch gelungen, die tadellose Nahrungsaufnahme zu erzielen.

Das Hauptinteresse nehmen natürlich die Fütterungsversuche mit Eiweiss in Anspruch, da wir bei ihm ja die ausgeprägtesten specifischen Wirkungen erwarten können.

Serie I.

13. bis 18. Juni 1882.

An einem grossen Hunde, der zu den zahlreichen in obigem Capitel geschilderten Versuchen gedient hatte, wurden zwei Reihen ausgeführt. Bei der einen war der Hund sehr herabgekommen, mager. Er hungerte einen Tag ohne nähere Untersuchung seiner Ausgaben, dann folgten die in Tabelle 33 näher ausgeführten Experimente. Nach zwei Hungertagen erhielt er 2000 *g* Fleisch (68 N), hungerte einen Tag, erhielt dann wieder 2000 *g* Fleisch, worauf zum Vergleiche noch ein Hungertag sich anschloss.

Tabelle 33.

13. bis 18. Juni 1882. (Grosser Hund.)

Nr.	Zufuhr	N im Harn pro Tag	N im Koth	Summe beider	C in der Respiration	C im Harn	C im Koth	Gesammt-C-Ausscheidung	Eiweiss-C abgezogen	Temp.	Ventil.
1.	0	4·91	0·10	5·01	60 35	3·62	0·65	64·62	48·19	14·5	42.000
2.	0	5·00	0·10	5·10	62·26	3·71	0·65	66·72	49·90	14·3	75.000
3.	2000 *g* frisches Fleisch . . .	50·81	0·79	51·60	100 92	33·53	5·22	139·67	(+29·58)	15·0	79.000
4.	0	12·29	0·10	12·39	66·01	9·17	0·65	75·83	34·19	14·5	77.000
5.	2000 *g* frisches Fleisch . . .	51·89	0·79	52·68	106·64	34·25	5·22	146·11	(+26·58)	15 0	78.000
6.	0	12·08	0·10	12·18	67·21	9·01	0·65	76·87	36·82	15·0	80.000

Es ist interessant zu sehen, wie sich das Thier den kolossalen Verschiedenheiten des Nahrungszustandes anpasst. Unter dem Einflusse der Fleischfütterung stieg die N-Ausscheidung auf das Zehnfache, auch die C-Ausscheidung nahm ausserordentlich zu, blieb aber, was wir bisher nicht in solchem Masse sahen, bedeutend hinter der Zufuhr zurück, so dass erhebliche Mengen von C zum Ansatz gelangten. An dem darauffolgenden Hungertage bleibt die Eiweisszersetzung und die C-Ausscheidung gegenüber den früheren Hungertagen vermehrt. Die Wirkung eines zweiten Fleischfütterungstages schliesst sich allen Ergebnissen, dem, was ich über die erstmalige Fleischfütterung sagte, an. Der darauffolgende Hungertag ist in seinen

Zahlen fast identisch dem anderen auf Fleischzufuhr folgenden Hungertage. Die Berechnung der Wärmeproduction erfordert in einer Richtung eine nähere Betrachtung. Es ist C im Körper zurückgeblieben; da mir der calorische Werth des C im N-freien Rest des Eiweisses, der einem Kohlehydrat nicht sehr ferne steht, bekannt ist, so lässt sich eine Correctur für den Ansatz machen. Es wird übrigens an dem Resultate wenig geändert, wenn man kurzweg den C-Ansatz als Glykogen ansieht und hiefür die Wärmerechnung aufstellt, dann wären 24, beziehungsweise 22 Cal. dem Umsatz zuzuzählen. Als Kohlehydratquelle wäre das Eiweiss des Muskelfleisches anzusehen.

Derartiges Fleisch, wie es zu den Versuchen diente, enthält, wie *E. Voit* näher untersucht hat, präformirt so gut wie gar kein Glykogen; durch meine Analysen habe ich das Verhältnis von N : C im fettfreien Fleisch zu 3·28 angegeben, was auch anderseitig bestätigt ist.

Dass der C-Ansatz Fett sei, halte ich für unbeweisbar; nach allen Erfahrungen über die Spaltstücke des Eiweisses wird eine unmittelbare Ablagerung von Fett aus Eiweiss als erstes Product als unwahrscheinlich anzusehen sein, wenn auch eine gegentheilige Anschauung nicht definitiv als widerlegt zu betrachten ist.

Den nach Abrechnung des Eiweisses an den Hungertagen bleibenden C-Umsatz muss man als Fett-C ansehen.

Tabelle 34.

Nr.	Wärmewerth der Zufuhr	N ausgeschieden	Fett-C ausgeschieden	Wärme aus Eiweiss	Wärme aus Fett	Gesammtwärme-production
1.	—	5·01	48·19	125·75	529·72	718·49
2.	—	5·10	49·90	128·00	613·77	741·77
3.	1926	51·60	(+29·58)	1351·9	(—305·56)	1046·34
4.	—	12·39	37·19	325·62	420·54	746·16
5.	1926	52·68	(+26·58)	1380·22	(—274·57)	1105·65
6.	—	12·18	36·82	319·12	452·89	772·01

Allerdings könnte man annehmen, dass die am Fleischfütterungstage im Körper verbliebene C-Menge zunächst am Hungertage verbrannt worden sei; dann müsste also ein Theil oder der ganze C, der aus N-freier Substanz stammt, etwa als Glykogen aufzufassen sein. Dem widersprechen die Ergebnisse der vier Hungertage. Es wurde gefunden an Cal.:

718·5 Cal.
741·8 „
746·2 „
772·0 „

Der erste Werth ist aus einem bestimmten Grunde etwas zu niedrig ausgefallen; durch ein Uebersehen war die Ventilation des

Apparates zu klein genommen worden, ein Fehler, der am darauffolgenden Tage beseitigt wurde. Der zweite und dritte Hungertag unterscheiden sich so gut wie gar nicht; nur der dritte und vierte Tag differirt um ein paar Procent. Auch hier kann man kaum mit Sicherheit behaupten, dass der höhere Werth eine abnorme Abweichung zeigt. Man kann also nur annehmen, dass, wenn es sich um solche Glykogenablagerung handelt, dasselbe bis auf kleine Reste, über die wir nichts aussagen können, in den Depots, welche offenbar durch die Hungerperiode ihren Vorrath eingebüsst hatten, festgehalten worden sein muss.

Tabelle 35.

13. bis 18. Juni 1882.

Wärmebedarf in Cal.	Wärmewerth der Zufuhr	Wärmewerth der Zersetzung	Die Zufuhr übersteigt den Bedarf um x %	Die Zersetzung steigt an um x %	Von dem Ueberschusse werden zersetzt
759·1	1926	1046·34	151·7	42·2	27·5%
759·1	1926	1105·65	153·7	45·6	29·7%

Die Wärmebildung ist unter dem Einflusse der Fleischzufuhr gewaltig gestiegen, bei einem Ueberschusse von 152 bis 154% um 42 bis 46%. Das ist ein Zuwachs, wie er sonst nur durch kräftigste Muskelarbeit erzielt werden kann, und doch liegt hier trotz des kolossalen Umsatzes der Hund ruhig und still auf dem Boden des Respirationsapparates. Die Nahrungszufuhr stellt also ein ebenso gewaltiges Mittel zur Steigerung der Wärmebildung dar wie die mechanische Arbeit.

Nehme ich, wie mir richtiger erscheint, den Ansatz als Glykogen, so sind beim ersten Versuche 24, beim zweiten 22 Cal. dem Wärmewerthe der Zersetzung hinzuzuzählen, d. h. man hat 1070 bis 1128 Cal. als Umsatz.

Die Wärmesteigerung ist dann:

$$\left.\begin{matrix} +\ 45{\cdot}5\% \\ +\ 48{\cdot}7\% \end{matrix}\right\} 47{\cdot}1\%,$$

wovon die letzte höhere Zahl die richtige sein dürfte.

Der Versuch gibt auch ein anschauliches Bild davon, dass die Spaltung des Eiweisses in N-haltigem und N-freiem Theile in grossem Umfange sofort geschieht, während die volle Zersetzung erst etwas nachhinkt.

Wie erwähnt, war der Hund, als er zu dieser Reihe diente, in schlechtem Ernährungszustande; es ist nicht ausgeschlossen, dass auch die Resorption des Nahrungsmateriales sich länger hinzog als unter günstigen anderen Verhältnissen.

Serie II.

30. März bis 2. April 1885.

Der Hund, welcher in der vorherigen Reihe so weit herabgekommen war, dass er im Hunger nur noch etwa 740 Cal. umsetzte, wurde später auf einen guten Ernährungszustand gebracht. Ehe er zu dem nachstehend erwähnten Experimente diente, war er alternirend im Hungerzustande oder mit Fett gefüttert worden, dann erhielt er Fleisch und wieder Fett. Am letzten Tage, an dem er 206 *g* Fett (Butterschmalz) verzehren sollte, versagte er und erbrach.

Bei diesem Thiere wurden im Hunger bereits 937·4 Cal. täglich verbraucht und 2000 *g* Fleisch verabreicht (siehe Capitel IV) mit dem Erfolge, dass das Thier sofort eine N-Mehrung bis 52 *g* täglich zeigte (2000 *g* Fleisch = 68 N) und die dem Umsatz entsprechende Fleischmenge (= 52 N) auch glattweg ohne Rest zersetzte. Die thermischen Verhältnisse gibt nachstehende Tabelle, deren nähere Zahlen S. 74 zu finden sind.

Tabelle 36.

Versuch vom 25. bis 31. März 1885. (T.)

Wärmebedarf	Wärmewerth der Zufuhr	Wärmewerth der Zersetzung	Die Zufuhr übersteigt den Bedarf um x %	Die Zersetzung steigt um x %	Es wird angesetzt vom Ueberschuss in %
937·4	1926	1352·2	105·4	44·3	41·9

Bei einem Ueberschusse von 105·4% kamen 44·3% Wärmezuwachs. Es trat also gerade der Erfolg ein, welchen man am wenigsten erwartet hätte.

Im vorigen Versuche, als das Thier stark abgemagert war, hatte es bei über 154% Mehrzufuhr auch nur mit höchstens 49% Wärmezuwachs reagirt und jetzt im wohlgenährten Zustande bei 105% Ueberschuss mit dem wenig höheren Werthe. Dabei war die Eiweissspaltung in beiden Fällen dieselbe (52 bis 53 N täglich).

Zur Beurtheilung bleiben zwei Möglichkeiten, entweder lässt sich durch Ueberschüsse, welche 100% erheblich überschreiten, die Wärmebildung nicht weiter anfachen, und es blieb deswegen bei dem Thiere in Serie I die stärkere Wirkung aus, oder der Werth des gut genährten Thieres ist ein aussergewöhnlich grosser.

Es ist dieser Punkt nicht mit absoluter Sicherheit zu entscheiden,[1]) aber nach den späteren Untersuchungen wahrscheinlich, dass es sich um eine Wirkung des Ernährungszustandes handelt, welche auf die

---

[1]) Dieses Thier gab im Mittel:

Bei	55 %	Ueberschuss	+ 19·7%	Wärme	= 17·9	pro	50%	Ueberschuss
„	105·4%	„	+ 44·3%	„	= 21·0	„	50%	„
„	157·8%	„	+ 43·9%	„	= 13·9	„	50%	„

thermischen Verhältnisse bei der Regulation Einfluss geübt hat, in dem Sinne, dass die compensatorische Sparung bei Versuch I grösser war als in Serie II bei dem gut genährten und fetteren Thiere.

Serie III.

2. bis 4. und 8. bis 9. Mai 1885.

Der kleine Hund, von 6 bis 7 *kg* Gewicht, erhielt zunächst 200 *g* frisches Fleisch, auf diese Fütterungstage folgten vier Hungertage. Diese Fleischmenge reichte für den Hund nicht zur Erhaltung; er befand sich aber im „gefütterten" Zustand.

Tabelle 37.

Versuch 2. bis 4. Mai 1885.

Nr.	Zufuhr	N im Harn pro Tag	N im Koth	Summe beider	C in der Respiration	C im Harn	C im Koth	Gesammt-C-Ausscheidung	Eiweiss-C abgezogen	Temperatur in Grad C.	Ventil.
1.	200 *g* Fleisch	8·74	0·15	8·89	44·80	5·42	0·95	51·17	22·01	13·5	60.800
2.	200 *g* „	8·46	0·15	8·61	44·3	5·25	0·95	50 50	22·26	14·2	58.800

Tabelle 38.

Nr.	N ausgeschieden	Fett-C ausgeschieden	Wärme aus Eiweiss	Wärme aus Fett	Gesammtwärmebildung	Temperatur in Grad C.
1.	8·89	22·01	231·1	270·72	501·86	13·5
2.	8·61	22·26	223·9	273·8	497·60	14·5

Da die Wärmebildung bei 14·3° = 76·61 Cal. pro 1 *kg* gefunden wurde = 490·9 pro 6·4 *kg* und für 14·5° die Berechnung der Fleischversuche gemacht wurde, so hat man als Hungerbedarf 490·9 Cal., bei Fleischfütterung = 497·6, d. h. fast keine Differenz.

Tabelle 39.

8. bis 9. Mai 1885.

Nr.	Zufuhr	N im Harn pro Tag	N im Koth	Summe beider	C in der Respiration	C im Harn	C im Koth	Gesammt-C Ausscheidung	Eiweiss-C abgezogen	Temperatur in Grad C.	Ventil.
1.	1834 *g* Fleisch . .	17·34	0·55	17·89	51·27	10·58	3·64	65·49	6·81	14·2	63·000
2.	834 *g* „ . .	23·34	0 55	23·89	57·45	14·23	3·64	75·32	(+ 3·00)	13·5	65.000

Tabelle 40.

Nr.	N ausgeschieden	C aus Fett ausgeschieden	Wärme aus Eiweiss	Wärme aus Fett	Gesammtwärme-production
1.	17·89	6·81	465·14	83·76	548·90
2.	23·89	— 3·00	621·14	— 36·60	584·54

Tabelle 41.

Wärmebedarf in Cal.[1])	Wärmewerth der Zufuhr	Wärmewerth der Zersetzung	Die Zufuhr übersteigt den Bedarf um x %	Die Zersetzung steigt an um x %	Von dem Ueberschuss werden zersetzt
419·0	800·0	548·90	90·9	31·0	28·2
419·0	800·0	584·54	90·9	39·2	38·3

Eine vermehrte Wärmebildung am Fütterungstage liegt nicht vor. Sodann erhielt der Hund 1000 *g* Fleisch, am zweiten Tage 900 *g*. Der Hund erbrach am ersten Versuchstage, frass das Erbrochene in der Nacht jedoch auf. Aehnlich verhielt es sich am zweiten Tage. Im Ganzen wurden 231 *g* frischem Fleisch entsprechend nicht verzehrt, so dass die Summe der Aufnahme 1900

— 231

= 1669 = 834 *g* pro Tag betrug.

Die Wärmebildung ist am zweiten Fütterungstage wie in der Regel etwas grösser als am ersten. Im Mittel macht der Wärmezuwachs bei 91% Ueberschuss 35·1% aus.

Combinirt man die Versuche dieser Serien mit entsprechenden der früheren, so würde sich für einen grossen und einen kleinen Hund ergeben:

Grosses Thier:

Ueberschuss in %	Mehr an Wärme in %	
51	18·0	18·3
53	24·3	
58	12·5	
105	14·4	
153	49·0	

und bei dem kleinen Thier:

55	27·5	20·1
63	12·8	
90	35·2	

Der Versuch vom Jahre 1888, Capitel III, ist bei wesentlich verschiedenen Bedingungen angestellt und kann ausser Betracht bleiben.

[1]) Bei 16·3°. Erhebliche Abnahme des Körpergewichtes.

Die Combination beider Reihen würde sein:

Ueberschuss in %	Mehr an Wärme in %
56	19
90	35
105	44
153	49

Die wärmesteigernde Wirkung steigt also bei den beobachteten Thieren offenbar bis nahe an ihre Resorptionsgrenze der Nahrung.

Wir haben, wie erwähnt, diese Untersuchungen mit Eiweiss ausgeführt, weil dasselbe ja die stärksten Wirkungen gibt; die Wirkungen des Fettes und der Kohlehydrate sind so gering, dass sie gegen die erhebliche des Eiweisses ganz zurücktreten. Die Störungen der Resorption bei anderen Nahrungsstoffen, wie bei dem Fette, liessen nicht einmal Nahrungsüberschüsse von 150% erzielen.

Mit den Kohlehydraten würde man an anderen Thieren als am Hunde operiren müssen, um erhebliche Ueberschreitungen der Wärmebildung zu erreichen.

Die Versuche in Capitel IV haben noch eine Lücke gelassen, die sich allerdings nur auf dem Wege einer Combinirung verschiedener Versuche noch etwas abgleichen lässt.

Die geringen Nahrungsüberschüsse von 50 bis 60% haben zwar hingereicht, den Gegensatz zwischen N-haltigen und N-freien Stoffen genügend klarzulegen, aber betreffs der specifischen dynamischen Wirkung letzterer war die Entscheidung nicht so ganz sicher.

Combinirt man die beiden Fleischversuche mit 103, beziehungsweise 154% Ueberschuss, so kann man damit den Fettversuch des Capitel III und die zweitägigen Kohlehydratversuche Capitel IV combiniren.

Tabelle 42.

Zufuhr	Ueberschuss in %	Die Wärme steigt um %	Auf 128% Ueberschuss gerechnet
Fleisch	128	46·0	46·0
Fett	181	18·4	13·0
Kohlehydrat	141	18·3	16·6

Dann hat man unter Berechnung auf gleiche Ueberschüsse ein gewisses Uebergewicht des Kohlehydrates gegenüber dem Fett. Erwägt man aber, dass auch beim Hunde aus den Kohlehydraten offenbar eine reichliche Fettbildung möglich ist, so wäre denkbar, dass wegen der dabei auftretenden Kohlensäuremehrung, welche kaum einen calorischen Werth besitzt, die Berechnung der Wärme auch zu hoch ausgefallen sein kann.

Somit würde auch hieraus der Schluss wohl am besten so lauten, dass Fette und Kohlehydrate in ihrer specifischen Wärmewirkung nur unwesentlich verschieden sein können.

Man ist gewöhnt, die Veränderugen, welche durch die Muskelarbeit hervorgerufen werden, als die grössten und bedeutungsvollsten anzusehen. Hier aber tritt uns in der Nahrungszufuhr bei dem ruhenden Thiere ein gewaltiger Einfluss auf den Energieumsatz entgegen, der sich wohl der körperlichen Arbeitsleistung an die Seite stellen kann, und nicht minder unsere vollste Aufmerksamkeit verdient. Ohne äussere Arbeit wird in inneren Zuständen des Körpers im Ruheverbrauch die gewaltigste Masse verbrennlicher Substanz gespalten. Wir sehen an der fliegenden Athmung des Thieres, welche Menge Luft der Oxydation zugeführt und wie die Schleusen der Entwärmung für den Organismus in Anspruch genommen werden, um das Wärmegleichgewicht nicht zu stören.

Der durch einmalige Gaben grosser Fleischmengen erzeugte Wärmezuwachs ist ein enormer, im Verhältnisse zu den sonstigen Leistungen des Organismus. Wenn aber diese Flamme gewissermassen plötzlich aufflackert, so sinkt sie auch sofort in den nachfolgenden Hungertagen wieder in sich selbst zusammen, auf den niedrigen Stand des Mindestbedarfes des Energieumsatzes.

Ein ähnliches, nur nach der absoluten Zahl verschiedenes Bild haben wir schon früher für die Fettverbrennung entworfen.

Ueber die Wirkung einer länger dauernden Zufuhr überreicher Kost, die wieder andere Erscheinungen zeitigt, werden wir später sprechen.

Ich habe schon an anderer Stelle mitgetheilt, dass ich nennenswerthe Aenderungen der Eigentemperatur der Thiere unter dem Einflusse dieses Wärmeüberschusses nicht beobachtet habe.

Im Mittel mehrerer Beobachtungstage hatte ich erhalten:

	Anfang des Versuches	Verdauungs-periode	Ende des Versuches
Hunger	38·08	38·46	38·10
Mässige Fleischkost	38·11	38·50	38·09
Sehr reichlich Fleisch[1]) . . .	38·16	38·74	38·17
Wenig Knochen	38·10	38·65	38·45
Sehr reichlich Fett[1])	38·45	38·70	38·30
Sehr reichlich Kohlehydrate[1])	38·30	38·55	38·45

Nur bei Fleischkost kann man ein gewisses Mehr in der Verdauungsperiode sehen. Ein Theil des Wärmezuwachses in den Nachmittagsstunden aber gehörte offenbar zu dem normalen Verlaufe der Wärmecurve dieses Thieres.

Mit diesen Untersuchungen habe ich das Material vorgelegt, welches einen Einblick gestattete in besondere Eigenthümlichkeiten der Nahrungsstoffe, in wirkliche specifische Eigenschaften.

[1]) Isodynamer Mengenüberschuss. Bayr. Akad. 1885, S. 453.

Die Nahrung kann einen enormen, geradezu momentan einsetzenden Einfluss auf die Wärmebildung gewinnen, aber nicht jeder Stoff wirkt gleich.

Aber jedem Versuche die Zahlen weiter zu zergliedern, setzen die Ergebnisse einen zähen Widerstand entgegen. Es ist ein viel wechselvolleres Bild, als man es sonst bei sorgfältiger Arbeit an Thierversuchen gewinnen kann, und offenbar sind die Bedingungen, welche auf das Ergebnis einwirken, nicht völlig bekannt.

In der einen Richtung jedoch scheint das Ergebnis sichergestellt, dass die Menge der Nahrung als bestimmend für die Wärmemehrung ist.

Denn verschieden grosse Ueberschüsse geben auch im Allgemeinen verschiedene Wärmezuwächse, trotz aller kleinen Unterschiede in den einzelnen Serien.[1])

Die Wärmemehrung nach überschüssiger Nahrungszufuhr kann nicht als eine einfache Wirkung der lebhaften Nahrungscirculation aufgefasst werden, denn die Eiweisszufuhr kann den Eiweissumsatz gewaltig erhöhen, ohne dass es zu einer vermehrten Wärmebildung zu kommen braucht, und bei Fett und Kohlehydraten, die sich in ihrer wärmesteigernden Wirkung und bei sehr grossen Ueberschüssen in bescheidener Weise geltend machen, haben wir es sicher mit einer Ueberfülle von circulirendem Material zu thun, auch wenn jede Beeinflussung der Wärmeproduction fehlt.

Man kann auch die Vorgänge sich nicht damit erklären, dass durch das Material der Nahrung nur zunächst der Bedarf der Zellen so weit befriedigt wird, als unbedingt Stoffe zersetzt werden müssen, welche für eine Deckung des Hungerbedarfes nothwendig erscheint, während die ganze übrige Fluth von Nahrungsstoffen dann in die vermehrte Wärmebildung hineingerissen wird; dies ist, wie man ohneweiters bei Fetten und Kohlehydraten sieht, sicher nicht der Fall. Warum sollte der Ueberschuss in dem einen Falle fast sofort, in dem anderen Falle nur wirken, wenn er vorerst den Hungerbedarf längst überschritten hat?

Die Ursache der Wärmemehrung muss also von anderen Functionen des Körpers mit abhängen.

---

[1]) Auf die Mehrung des Eiweissumsatzes gehe ich nicht näher ein. Am ersten bis zweiten Tage nach der Fütterung wurde in runder Summe Folgendes gefunden:

	Aufgenommen N	Umsatz		Der Umsatz beträgt in % der Zufuhr
Capitel II.	53	40·3	76	85% bei 50 bis 60% Ueberschuss
	50	37·2	74	
	51	46·4	91	
	17	16·8	99	
Capitel III.	17	13·6	80	75%
	20	17·2	86	
	13	8·5	64	
	57	40·5	71	
Capitel V.	32	20·9	65	90% Ueberschuss
	68	51·6	79	100% „
	68	52·4	80	160% „

Diese Experimente geben im Zusammenhange mit den früheren über die isodyname Vertretung für alle möglichen Quantitäten der zu verfütternden Stoffe beim Hunde ein vollständiges Bild des Energieverbrauches aus organischen Nahrungsstoffen. Die Thiere sind dabei so gehalten worden, wie es heute noch allgemein bei Stoffwechselversuchen geschieht, bei üblicher Stubentemperatur, freilich wurde dieselbe aber viel sorgfältiger beobachtet und gleich erhalten, als es sonst zu geschehen pflegt.

Die Aufgabe, den Ablauf des Kraftwechsels zu schildern, wenn die Nahrungsmengen den Bedarf mehr oder minder erheblich überschreiten, ist damit erledigt. Unsere Anschauungen über die Variationen des Kraftwechsels haben eine wesentliche Erweiterung erfahren, auch über den Rahmen der Experimente, die ich im Jahre 1885 mitgetheilt habe, hinaus.

Die Wirkungen der Kost hängen unter gewöhnlichen Umständen beim Säugethiere thatsächlich von dem Verhältnisse der Masse der Zufuhr und von dem Bedarfe ab. Es ist durchaus nothwendig, diesen Gesichtspunkt festzuhalten und ohne eine derartige kritische Ueberlegung haben Stoffwechselversuche wenig Werth und Bedeutung.

Wenn man die Nahrungszufuhr nach dem Hungerzustande betrachtet, so erzeugt dieselbe bei mässiger Zufuhr zunächst gar keine Veränderung der Wärmeproduction. Ob Eiweiss, Fett oder Kohlehydrat in Circulation kommt, ist gleichgiltig; das neu zugeführte Ernährungsmaterial ersetzt mehr oder minder den Verlust des Körpers und bringt ihn, indem es in isodynamen Austausch mit den Körperstoffen tritt, ins Gleichgewicht.

Führen wir aber, wie die in den vorliegenden Versuchen niedergelegten Versuche beweisen, darüber hinaus Nahrung zu (Uebernährung), so kann zunächst auch noch auf mehr oder minder weitem Gebiete der wachsende Ueberschuss ohne Aenderung der Wärmebildung im Thierkörper verschwinden und als Ansatz zurückbleiben.

Als dritter besonderer Abschnitt des Ernährungsvorganges schliesst sich dann diejenige Ernährungsweise an, welche durch eine Steigerung der Wärmebildung ausgezeichnet ist, der Ansatz ist dabei nicht aufgehoben, aber er wird weniger rationell und die „Ausbeute" an Energie, die am Körper zurückbleiben kann, wird geringer.

Wir haben also die Periode der Unterernährung oder des Ernährungsgleichgewichtes, die Periode des reinen Ansatzes und die Periode mit Wärmesteigerung zu unterscheiden.

Der Nahrungsstrom nimmt immer mehr zu, aber nicht er bestimmt die Grösse des Verbrauches, sondern offenbar der Organismus, der einmal einspart, dann einen Stoffgewinn dazu erhält, und schliesslich unter steigender Wärmebildung sich des reichlichen Nahrungsstromes zum Theile wieder entledigt.

Diese Ernährungsperioden haben aber eine ganz verschiedene Breite der Wirksamkeit. Am geringsten ist sie bei dem Eiweiss, am

breitesten das Intervall des reinen Ansatzes bei den N-freien Stoffen. Die Wirkung des Nahrungsüberschusses ist für Fette und Kohlehydrate sehr gering und sehr ähnlich. Für das Eiweiss müssen wir aber seine exceptionelle Stellung beibehalten.

Es finden sich in den vorliegenden Untersuchungen auch wichtige Anhaltspunkte für die Beurtheilung des Stoffansatzes, aber in erster Linie sind immer nur die unmittelbaren Wirkungen der Kost geschildert, während die dauernde Wirkung gleichmässiger Ueberschüsse noch einige Besonderheiten in das Experiment einführt, über welche spätere Capitel eingehenden Aufschluss gewähren.

Das ist im Wesentlichen das Bild, unter welchem der Kraftwechsel unter den Bedingungen sich abspielt, unter welchen man bisher die Thierexperimente auszuführen pflegte.

Eine Theorie der Wirkung der Nahrungsstoffe erlauben uns sogar auch diese umfangreichen Untersuchungen noch nicht zu geben. Auch die praktische Verwerthung der Ergebnisse stösst auf manche Schwierigkeiten, da eine exacte Angabe über den Zusammenhang zwischen Nahrungsmasse und Wärmewirkung nicht formulirt werden kann, wenn schon die Näherungswerthe immerhin unsere Vorstellungen über die Wirkung der Nahrung wesentlich erweitert haben.

Was aber liegt der wärmemehrenden Wirkung der Nahrung zugrunde, welche Veränderungen im Körper leiten sie ein? Es können nur Veränderungen im Organismus sein. Aus welchen Gründen erlangt mit einemmale der Körper die Eigenschaft, an Stelle der vorherigen, gleichmässigen und reactionslosen Aufsaugung des Nährmateriales möchte man sagen in mehr oder minder lebhafter Weise die Verbrennung anzufachen?

Mit der einfachen Erklärung, dass wir hier eben die Drüsenwirkung vor uns haben, ist wenig gethan, so lange auch diese noch wenig erkannt und in ihrem Umfange kaum beurtheilt worden ist.

Meine Erfahrungen haben mich belehrt, dass die Methodik des Ernährungsexperimentes bei der Lösung dieser Grundgesetze auf einen todten Punkt gelangt ist.

Zwar haben wir durch das von mir eingeführte Princip der energetischen Betrachtung und durch die genauen quantitativen Variationen der Energiezufuhr zum Energiebedarfe eine Reihe neuer Thatsachen erschliessen können. Aber eine weitere Ausdehnung ähnlicher Untersuchungen hätten uns dem Ziele nicht näher gebracht. Die Variationen der Nahrung, die man bis jetzt als den Weg zur Erklärung der Nahrungswirkung ansah, ist nicht ein erschöpfendes Mittel zur Auffindung der Gesetze.

Der Angelpunkt liegt vielmehr darin, dass das, was wir als gegebene Einheit bisher angenommen haben, der Körper, der Organismus, oder die Zellmasse, wie man es nennen will, keine solche Einheit darstellt.

VI. Capitel.

Wirkungen der Kost bei verschiedenen Wärmezuständen der Umgebung auf Ansatz und Umsatz.

Indem wir den im vorigen Abschnitte dargelegten auffälligen Erscheinungen näher nachgehen und sie in ihren Ursachen aufzudecken versuchen, werden wir auf ein anscheinend mit dem Besprochenen fremdes Gebiet geleitet. Wir werden sehen, dass die bisherigen Anschauungen, welche in der Grösse der nach Nahrungszufuhr auftretenden Wärmeerzeugung nur eine Reaction zwischen Grösse des Thieres, Masse und Art der Zufuhr erblicken sollen, nicht zutreffend ist.

Ich habe zuerst erkannt, dass die Wärmebildung nach Nahrungsaufnahme, oder das Ausbleiben einer solchen von dem Wärmezustande der Umgebung, in welchem sich ein Organismus befindet, abhängig ist.

Obschon ich diese Erfahrungen schon vor langer Zeit veröffentlicht habe, namentlich auf Grund der in meinem Marburger Laboratorium ausgeführten Experimente sind sie doch sehr wenig beachtet worden. Dieselben bilden aber die Grundlage für alle weiteren energetischen Studien. Man geräth ohne diese Erkenntnis vielfach zu Ergebnissen, welche einem klaren Verständnisse der Ernährungsprocesse völlig widerstreiten.

Nicht nur die Wirkung der Kost wird durch solche Unkenntnis der Grundbedingungen der Experimente völlig verkannt, auch Unterschiede in der Ernährungsweise verschiedener Species, der Menschen und anderer Warmblüter, entgehen in dieser Weise dem Verständnisse.

Nicht Masse, noch Nahrungsgrösse und Art, noch Fütterungszustand, unter welch letzteren man unklare und ungeklärte Eigenthümlichkeiten zusammenfasst, bedingen die Verschiedenheit der energetischen Wirkungen, sondern die verschiedene Art der Organthätigkeit, die sich unter dem Einflusse der schwankenden thermischen Verhältnisse der Aussenwelt ausgebildet haben und ausbilden müssen.

Wenn mir diese Verhältnisse auch zu der Zeit, als ich die Versuche über isodyname Vertretung der organischen Nahrungsstoffe ausführte, noch keineswegs in ihrem vollen Umfange und ihrer ganzen

Tragweite bekannt gewesen sein konnten, so hatten mich doch eine Reihe von Beobachtungen auf dem richtigen Weg gehalten, auf dem Wege, dass es nur möglich ist, gleichmässige Ergebnisse zu erhalten, wenn man die absolute Höhe der Temperatur der Umgebung als einen wichtigen Factor des Ernährungsexperimentes ansieht.

Die einfachsten und glattesten Versuchsbedingungen sind nach vieler Richtung hin für die Studien an Warmblütern, den Menschen nicht ganz ausgenommen, die mittleren und niedrigen Lufttemperaturen.

Der Cardinalsatz, welcher in Folgendem näher bewiesen werden soll, lautet: Dieselbe Nahrungsmenge ist von ungleicher Wirkung auf den Energieverbrauch des Organismus je nach den wechselnden thermischen Zuständen der Umgebung, in welchen ein Thier sich befindet.

Ferner, was noch wichtiger ist: dieselbe relative Nahrungsmenge wirkt bei verschiedenen Temperaturen ungleich.

Die Ernährungsgesetze, welche also nur unter Einhaltung ein und derselben Temperatur gewonnen sind, lassen sich nicht auf andere Temperaturgrade übertragen. Da man bisher stets es als genügend angesehen hat, die „mittlere Stubentemperatur'' beizubehalten, so sind die auf solche Experimente begründeten Anschauungen auch wieder nur für das betreffende Temperaturintervall geltend. Freilich gibt es auch Stoffwechselvorgänge, die nicht thermisch beeinflussbar sind, aber da andere Vorgänge wesentlichen Aenderungen unterliegen, so leidet auch die Auffassung über die Bedeutung der ersteren unter dieser Rückwirkung der durch Wärme variablen Zustände.

Thermische Zustände verschiedener Art können sich geltend machen, die Variation der Lufttemperatur, d. h. die sogenannte Schattentemperatur. Weiter gehören hierher die Wärmestrahlung, welche ein Thier trifft. Diese kann unter natürlichen Verhältnissen und Lebensbedingungen sehr verschieden sein, spielt aber wohl im Laboratoriumsexperiment kaum eine Rolle.

Einen Einfluss übt aber die Luftbewegung, wie diese durch die Ventilation des Respirationsapparates erzeugt wird; grössere Differenzen in der Lüftung können Unterschiede in dem Stoffumsatz herbeiführen, wie ich gesehen habe. Zur Verhütung von unliebsamen Complicationen muss die Ventilation des Respirationsraumes gleichgehalten werden, eine Bedingung, der man leicht nachkommen kann, und auf welche bei allen meinen Versuchen gebührend und innerhalb der nöthigen Grenzen Rücksicht genommen wurde.

Die letzte Bedingung, welche beachtet werden muss, ist die relative Feuchtigkeit; wenn nicht excessive Fälle eintreten, hat zwar die Schwankung der relativen Feuchtigkeit auf die Grösse des Stoffwechsels keinen Einfluss. Grenzpunkte, welche aber wohl beachtet werden müssen, sind die hohen und die ganz niedrigen Temperaturen. Bei hohen Temperaturen kann die zunehmende Feuchtigkeit einen bedeutungsvollen Einfluss üben und zur Steigerung der Wärme-

production führen, bei niedrigerer Temperatur und den Graden höchster Wasserdampfsättigung gleichfalls eine vermehrte Wärmebildung erzeugen.

Da es gar nicht leicht ist, in einem Versuchsraume eine gleichbleibende Lufttemperatur herzustellen, und noch weniger auf eine gleiche Feuchtigkeit zu rechnen ist, so habe ich seit 15 Jahren eingeführt, dass die Versuchsthiere in dem Respirationsraume meines Calorimeters verbleiben, wobei die Lufttemperatur genau gemessen werden kann und im Bedarfsfalle durch die Einführung künstlich getrockneter Luft gleichbleibende Feuchtigkeitsverhältnisse erzielt werden.

Wenn von dem Princip der Feuchtigkeitsregulirung abgegangen wurde, soll dies in Zukunft besonders bemerkt werden.

Genaue Angaben über die Wirkung der Nahrung auf den Energieumsatz erfordern nicht eine ungefähre, sondern eine zuverlässige und exacte Messung und Angabe der thermischen Verhältnisse, unter welchen gearbeitet wurde. Versuche bei verschiedenen absoluten Temperaturen (oder anderweitig verschiedenen thermischen Verhältnissen) sind nicht direct vergleichbar.

Wir wenden uns nach diesen Vorbemerkungen den Experimenten zu, welche gestatten, die vorher angegebenen Cardinalsätze zu beweisen.

Serie I.

Eine Reihe von Experimenten habe ich am Pflanzenfresser, an kleinen Thieren, den Meerschweinchen angestellt. Sie eignen sich durch ihre grosse Ruhe recht gut für manche hier einschlägige Versuche. Eine Vorfrage bleibt nur die, wann man die Pflanzenfresser als „hungernd" betrachten soll. Dass die Gesetze des Hungerstoffwechsels bei ihnen keine anderen sind als beim Fleischfresser und anderen Thieren, habe ich schon vor Jahren nachgewiesen.

Aber es scheint mir von Wichtigkeit, hier noch näher auf die Rolle einzugehen, welche die Resorption von Nahrungsbestandtheilen aus der Fütterungsperiode her noch spielen kann.

Bei Pflanzenfressern ist der Zeitpunkt, von welchem ab der Hungerzustand gerechnet werden soll, nicht so scharf begrenzt wie beim Fleischfresser. Es ist aber immerhin sicher, dass schon 24 Stunden nach völliger Nahrungsentziehung, besser noch nach 48 Stunden mit dem Hungerzustand gerechnet werden kann.[1])

Um die Menge der nach 24 Stunden nach der Nahrungszufuhr noch vorhandenen Stoffe zu bestimmen, habe ich zwei Kaninchen, *A* und *B*, 22 Tage mit gleicher aus Milch, Semmel, Heu bestehenden Kost, bei der sie sehr an Gewicht zunahmen, gefüttert.

---

[1]) Zeitschr f. Biol. XVII, S. 217.

Die letzten vier Tage wurde aufgenommen:

Von *A* (1506 *g*)[1])

79·7 *g* tr. Milch
37·8 *g* „ Semmel
11·3 *g* „ Heu
} = 32·2 *g* pro Tag

Von *B* (2141 *g*)

93·2 *g* tr. Milch
42·5 *g* „ Semmel
14·0 *g* „ Heu
} = 37·4 *g* pro Tag

wobei täglich 4·3 *g* trockener Koth abgesetzt wurde.

24 Stunden nachdem *B* alles Futter aufgefressen hatte, wurde es getödtet, die einzelnen Darmportionen isolirt, der Inhalt frisch gewogen, getrocknet und elementaranalytisch untersucht. Thier *A* trat in den Hungerzustand und starb 19 Tage später, worauf es wie *B* untersucht wurde.

Die analytischen Ergebnisse für 100 Theile Trockensubstanz waren folgende:

		C	N	H	O etc.	Asche
Magen	Normal	49·38	3·79	7·62	33·98	5·23
	Hunger	63·01	3·87	—	—	9·26
Dünndarm	Normal	48·44	8·39	6 36	26·37	10·44
	Hunger	48·54	5·75	6·20	28·80	10·71
Blinddarm	Normal	47·14	4·59	5·16	33 65	9·46
	Hunger	43·44	3·14	5·24	30 08	17·10
Dickdarm	Normal	48·00	1·81	6·12	36·58	7·49
	Hunger	48·47	2·95	4·69	26·18	17·71
Koth	Hunger	45·14	1·61	5·05	35·23	12·97

Während der Hungerperiode finden fortwährend noch fäulnisartige Zerlegungen im Darme statt, denn die Indigoausscheidung im Harn sistirt nicht.

1.	bis	7.	Tag	wurden	täglich	0·0090 *g*	Indigo	ausgeschieden
8.	„	14.	„	„	„	0·0080 *g*	„	„
15.	„	18.	„	„	„	0·0086 *g*	„	„
		19.	„	„	„	0·0064 *g*	„	„

Von der am 15. Tage einsetzenden starken Vermehrung des Eiweissumsatzes war die Menge der indigoliefernden Substanz ganz unabhängig.

---

[1]) In der frischen Kost war durchschnittlich
bei *A* 76·7% Milch und bei *B* 75·4% Milch
„ *A* 17·7% Semmel „ „ *B* 18·1% Semmel
„ *A* 5·6% Heu „ „ *B* 6·5% Heu.

Die absoluten Quantitäten des nach 24 Stunden nach der Nahrung und nach 19tägigem Hunger gefundenen C, N und der Asche gibt folgende Tabelle:

Tabelle 43.

		C in *g*	N in *g*	Asche in *g*
Magen	Normal	10·34	0·79	1·09
	Hunger	0·44	0·03	0·06
Dünndarm . .	Normal	2·86	0·50	0·62
	Hunger	0·97	0·13	0·23
Blinddarm . .	Normal	12·82	1·25	2·57
	Hunger	4·78	0·34	1·88
Dickdarm . .	Normal	6·14	0·23	0·96
	Hunger	1·21	0·07	0·41
Koth	Hunger	8·31	0·30	2·39

Daraus folgt:

C-Menge im Darm zu Anfang	31·88
„ zum Schluss, inclusive Koth .	15·79
Also resorbirt	16·09 C
N-Menge zu Anfang	2·77 *g*
„ zum Schluss, inclusive Koth . .	0·87 *g*
Demnach resorbirt	1·90 *g*
und Aschemenge vorher	5·24 *g*
„ „ nachher	4·97 *g*
Resorbirt . .	0·27 *g*

Will man aber in Rechnung ziehen, dass das Hungerthier vor dem Eintritt in die Inanition nur 94·1% der Nahrungsmenge erhalten hatte, beziehungsweise aufgenommen hatte, wie das Normalthier, so würde die Rechnung lauten:

Für den C in *g*	Für den N in *g*	Für die Asche in *g*
29·99	2·60	4·81
— 15·79	0·87	4·97
14·20	1·73	+ 0·16

Die Werthe werden kleiner, aber erhebliche Unterschiede ergeben sich nicht.

Die wirklich resorbirte C- und N-Menge ist etwas grösser, da ja in den Ausscheidungen „Hungerkoth" mit berechnet werden musste.

Das Hungerthier schied zu Anfang der Hungerreihe an 3 *g* N im Harne aus und über 15 *g* C in der Respiration und im Harn. Somit kann in den ersten 24 Stunden nach der letzten Fütterungszeit ein erheblicher Theil der Umsetzungen durch Nahrungsreste, die im Darmcanal sich finden, gedeckt werden. Dagegen würde durch die erste 24stündige Nahrungsentziehung recht wohl der gesammte Restbestand des Darminhaltes aufgezehrt werden, so dass der zweite Hungertag bereits wesentlich frei sein würde von Stoffen, die noch aus dem Darme resorbirt worden sind. Bei der „Asche" hat man zu berücksichtigen, dass der Darm ein auch im Hungerzustande permanent thätiges Organ für die Ausscheidung wasserunlöslicher Salze darstellt.

In anderen Versuchen, bei denen allerdings nur die N-Vertheilung im Organismus berücksichtigt wurde, erhielt ich Zahlen, die gut mit den eben angegebenen übereinstimmten. Auf Grund der mitgetheilten Erfahrungen habe ich bei den, ähnlich wie meine Versuchsthiere in dem angeführten Experimente ernährten Thieren, 48 Stunden als die Periode angesehen, von der ab man von einer reinen Hungerzeit der Pflanzenfresser reden kann.

Ich halte es also für ausgemacht, dass Thiere, die mit meiner oben angegebenen Futtermischung ernährt werden, nach 48 Stunden als in Inanition befindlich angesehen werden können.

Die Versuche über die Nahrungswirkung sind an Meerschweinchen angestellt worden, bei welchen theils im hungernden Zustande oder bei Ernährung bei 0^0 und bei 30^0 die Kohlensäureausscheidung gemessen wurde.[1]) Es wurden je zwei grosse ausgewachsene und zwei kleine miteinander verglichen. Nachstehende Tabellen 43 *a* und 43 *b* geben die Werthe für die hungernden Thiere.

Unter Fütterung der Thiere verstehe ich hier die freiwillige Nahrungsaufnahme bei den Meerschweinchen; zwangsweise sie zu füttern, geht nicht an. Uebrigens fressen sie natürlich ebenso regelmässig im Allgemeinen wie andere erwachsene Thiere, bei denen ja die Erhaltung des Körpergewichtes und nicht die fortschreitende Mast das Ziel der Ernährung darstellt.

Als Nahrung bekamen die Thiere das oben angegebene Futter, von dem die Pflanzenfresser im Allgemeinen sehr gerne aufnehmen (Tabelle 44 und 44 *a*).

---

[1]) Biol. Gesetze, Marburg 1887. Der benützte Respirationsapparat findet sich abgebildet im Arch. f. Hyg. XI, p. 157. Alle Experimente bei trockener Luft angestellt.

Tabelle 43 *a*.

Bei 0°.

Datum	Anfangsgewicht des Thieres in *g*	Oberfläche in cm^2	Auf 1 *kg* Thier trifft Oberfläche in cm^2	Auf 1 *kg* Thier trifft CO_2-Production pro Stunde	Auf 1 m^2 Oberfläche trifft CO_2
23. bis 24. Mai 1887	617	643·9	1043	2·905	27·85
20. Mai 1887 .	568	609·3	1072	3·249	30·30
27. Juli 1887 .	223	326·6	1464	4·462	30·47
23. Juli 1887 .	206	309·2	1501	4·738	31·56

Was die Berechtigung anlangt, auf Grund der CO_2-Ausscheidung Schlüsse auf den Stoffumsatz zu ziehen, so liegen für den Hunger, bei welchem ich zuerst auf die so gleichmässige Zersetzung aufmerksam gemacht habe, so viele Untersuchungen in dieser Richtung vor, dass für kurzdauernde Hungerzeiten die Berechtigung des Verfahrens nicht weiter begründet zu werden braucht.

Tabelle 43 *b*.

Bei 30°.

Datum	Anfangsgewicht des Thieres in *g*	Oberfläche in cm^2	Auf 1 *kg* Thier trifft Oberfläche in cm^2	Auf 1 *kg* Thier trifft CO_2-Production pro Stunde	Auf 1 m^2 Oberfläche trifft CO_2
23. bis 24. Mai 1887	617	643·9	1043	1·289	12·35
20. Mai 1887 .	568	609·3	1072	1·129	10·53
27. Juli 1887 .	223	326·6	1464	1·778	12 14
23. Juli 1887 .	206	309·2	1501	1·941	13·16

Die benützten Thiere waren von verschiedenem Körpergewichte, so dass wir gleich in der Lage sind, das individuelle Moment mit in Betracht zu ziehen. Die vorstehenden Tabellen

Tabelle 44.

Bei 0° C.

Datum	Körpergewicht in *g*	Oberfläche in cm^2	Auf 1 *kg* Thier trifft Oberfläche in cm^2	Auf 1 *kg* Thier trifft CO_2 pro Stunde	Auf 1 m^2 Oberfläche trifft CO_2
9. bis 10. Juli 1887	670	680·3	1014	2·991	29·49
17. bis 18. Jan. 1887	520	574·5	1104	3·210	29·08
18. bis 19. Juli 1887	240	342·6	1427	4·863	34·07
26. Juli 1887 .	220	323·8	1471	4·500	30·59

Tabelle 44 *a*.

Bei 30° C.

Datum	Körpergewicht in *g*	Oberfläche in cm^2	Auf 1 *kg* Thier trifft Oberfläche in cm^2	Auf 1 *kg* Thier trifft CO_2 pro Stunde	Auf 1 m^2 Oberfläche trifft CO_2
9. bis 10. Juli 1887	670	680·3	1014	1·430	14·10
17. bis 18. Jan. 1887	520	574·5	1104	1·788	16·19
18. bis 19. Juli 1887	360	449·6	1249	2·210	17·69
26. Juli 1887 .	221	328·8	1471	2·787	18 94

enthalten zunächst die Angaben für die hungernden Thiere, Körpergewicht und Kohlensäureausscheidung; da man ungleichgewichtige Thiere nur vergleichen kann, indem man ihre Oberflächenentwickelung berücksichtigt, finden sich im letzten Stabe die Kohlensäurewerthe berechnet auf 1 m^2 Oberfläche. Sie differiren so wenig, wie man es für ungleiche Individuen nur erwarten kann.

In beiden Reihen lassen sich die durch die Temperaturschwankung 0° bis 30° gegebenen Unterschiede, die sehr mächtig sind, erkennen.

Bei Vergleichung der gefütterten Thiere mit den hungernden Thieren bei 0° ist kaum eine Differenz zu finden, da diese pro 1 m^2 Oberfläche 30·06 *g* CO_2, die gefütterten aber 30·95 *g* für dieselbe Einheit liefern.

Vergleichsweise habe ich auch noch zwei andere Thiere bald nacheinander im gefütterten und hungernden Zustande auf die CO_2-Ausscheidung untersucht und Folgendes gefunden:

	Hunger	Gefüttert bei 0°
Thier I.	4·467 *g* pro 1 *kg* und Stunde	4·500 *g*
„ II.	4·743 *g* „ 1 *kg* „ „	4·863 *g*

Zunächst bemerkt man auch bei den gefütterten Thieren, Tabelle 44 und 44 *a*, einen mächtigen Einfluss der warmen Temperatur (30°) auf den Stoffverbrauch überhaupt.

Statt 30·8 *g* CO_2 pro 1 m^2 geben sie im Gesammtdurchschnitte nur mehr 16·73 ab, die Hauptmasse der Nahrung ist also in diesem Falle, wo es sich wesentlich um kohlehydrathaltige Kost handelt, aus der Zersetzung hinausgedrängt und zum Ansatz gebracht worden.

Wichtiger sind für uns die Verhältnisse der Zersetzung selbst.

Im Mittel schieden die Thiere bei 0° 30·06 *g* CO_2 aus

„ „ „ „ „ „ 30° 12·04 *g* CO_2 „

Bei hoher Lufttemperatur also ganz erheblich weniger als bei niedriger Temperatur, da die Versuchsglocke, in der die Thiere sich befanden, mit Eiswasser gekühlt war.

Im Fütterungszustande waren die Verhältnisse geändert; im hungernden Zustande wurde von den vier Thieren bei 30° 12·04 *g* CO_2 ausgeschieden, im gefütterten im Gesammtdurchschnitt aber 16·73 = mehr um 30·3%.

Wenn man auch hier nicht in der Lage ist genau zu sagen, wie gross die Nahrungsaufnahme war, da eine solche Controle bei den kleinen Thieren etwas schwierig ist, so ist es doch in hohem Masse wahrscheinlich, dass sie alle gleichmässig ihre Nahrungsbedürfnisse für mittlere Verhältnisse gedeckt hatten.

Somit steht wenigstens sicher, dass die Thiere bei 0° sich mit Nahrung versehen können, ohne dass dadurch eine Aenderung in den Ausscheidungen bewirkt wird.

Die Aufnahme derselben Nahrungsmenge hat aber bei 30° eine ganz andere, die Ausscheidungen der Kohlensäure erheblich steigernde Wirkung.

Freilich ist dieselbe Nahrungsmenge bei verschiedenen Temperaturen insoferne etwas Variables, als der Bedarf in diesen Fällen verschieden war, somit bei hoher Temperatur in meinem Sinne eine überschüssige Kost vorhanden war, wodurch ja nach den früheren Erfahrungen eine Ursache für Mehrung des Energieumsatzes eintreten musste. Dies alles widerlegt aber nicht die wichtige Thatsache, dass für den Ablauf der Wärmebildung bei gleicher absoluter Nahrungszufuhr eben die durch den Temperaturunterschied gegebenen körperlichen Zustände verschieden sind. Man hat diese Verhältnisse bisher nicht gekannt und meist erwartet, dass man bei Fütterung eines Thieres mit derselben Kost auch einheitliche Zersetzungsverhältnisse finden müsse, was aber, wie eben bewiesen, nicht zutrifft.

Dieselbe Kost wird eben je nach den Wärmezuständen bald zu einer blossen Erhaltungsdiät, bald zu einer überschüssigen. Die Kost muss daher zum mindesten immer im Verhältnisse zu dem Bedarf angegeben werden, aber auch das allein genügt nicht zur Vorhersage ihrer Wirkung, wenn man nicht zugleich die Temperatur des Experimentes berücksichtigt.

Es spielt also zweifellos in diesen Fragen über die Wirkung der Kost ein höchst variables Element, die Lufttemperatur, mit, so dass es also begreiflich erscheint, dass die Wärmesteigerung nach Nahrungsaufnahme unter verschiedenen Umständen verschiedenen Effect erzielt.

Die Versuche beweisen also den ersten Satz, dass dieselbe Nahrungsmenge bei verschiedener Temperatur verschieden wirkt. Freilich könnte man einen Theil der vermehrten Kohlensäureabgabe als eine Wirkung des Kohlehydratfutters ansehen, allein es ist nicht möglich, daraus die grossen Differenzen zu erklären.

Wenn die gleichen Mengen Kost unter verschiedenen Temperaturzuständen der Umgebung bei dem Thiere ungleich auf den Energieverbrauch wirken, so folgt daraus von selbst, dass die Annahme, die vermehrte Circulation der Nahrung steigere den Kraftverbrauch, wie

dies vielfach angenommen worden ist, eine hinfällige ist. Die Circulation der Nahrungsstoffe im Körper ist, wenn pro 1 *kg* die gleichen Nahrungsmengen einmal bei hoher und einmal bei niedriger Wirkung gegeben werden, natürlich dieselbe, und die Steigerung der Wärmebildung müsste daher auch die gleiche sein, was aber durch die Experimente widerlegt wird.

Bei hohen Temperaturen arbeitet demnach der Organismus weniger ökonomisch, da die Ernährung einen vermehrten Stoff- und Energieverbrauch herbeiführt.

Dies muss in erster Linie befremden; man ist ja so sehr gewohnt, teleologische Betrachtungen bei derartigen Fragen mit heranzuziehen. Nun kann gewiss nichts weniger zweckmässig sein, als eine solche starke Steigerung der Wärmebildung gerade an der oberen Grenze des Lebens, wo dieses Plus an Wärme nur mühsam nach aussen befördert werden kann.

Diese Thatsache schien mir so wichtig, dass ich später daran ging, auch an grösseren Thieren und bei genau bekannter Ernährung diese Verhältnisse nochmals zu studiren und noch weiter zu begründen. Die Versuche haben aber nur das, was ich am Meerschweinchen zuerst fand, ergeben.

Wir haben nachgewiesen, dass die Steigerung des Energieumsatzes auf die Nahrung von dem relativen Ueberschuss abhängig ist; ein gleicher relativer Ueberschuss muss aber bei verschiedenen Temperaturen eine verschiedene Grösse in absoluter Menge repräsentiren. Nehmen wir die Versuche am Meerschweinchen zum Ausgangspunkte, so repräsentirte die bei 30° nothwendige Nahrungszufuhr, falls letztere nur dem Hungerbedarf isodynam sein sollte, nur $^{12}/_{30} = {}^{2}/_{5}$ des Bedarfes bei 0°.

Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, liesse sich allerdings annehmen, dass der relative grosse Nahrungsüberschuss bei 30° bei den Meerschweinchen mit dazu beigetragen hat, den Umsatz zu erhöhen.

Aber, wie gesagt, all dies widerlegt eben nicht die Nothwendigkeit, bei der Wirkung der Nahrung zugleich die Temperatur zu berücksichtigen, bei der sich ein Thier befindet.

Lassen sich aber die Wirkungen der Nahrung gleichgestalten, wenn man, wie dies in Capitel 3 auseinandergesetzt wurde, die relative Nahrung, d. h. die Menge der Kost zum Bedarf gleich erhält. Bei den Aenderungen der Temperatur hatten wir es ja zu gleicher Zeit mit enormen Schwankungen der Wärmebildung zu thun, einem Abfall von 0 bis 30° um fast 60%.

Es wird also wichtig sein, auch noch diese Wirkung einer relativ gleich bemessenen Nahrung näher zu untersuchen.

Vorwegs möchte ich bemerken, dass die Steigerung des Stoffumsatzes durch Nahrungsaufnahme bei hohen Lufttemperaturen mit einer Steigerung der Eigentemperatur nichts zu schaffen hat.

Serie II.

Eingehende Versuche habe ich später an einem 3·5 bis 4·5 *kg* schweren Hunde angestellt, welcher in meinem Thiercalorimeter allerdings meist nur zur Untersuchung des Stoffwechsels gehalten wurde.

Die ganze Versuchsanordnung war folgende: An dem Thiere wurde zunächst festgestellt, wie es sich den Schwankungen der Lufttemperatur gegenüber im hungernden Zustande verhielt. Es wurde daher die Temperatur des Calorimeters von Tag zu Tag variirt, durch Abkühlen des Wassers oder Anwärmen und dann Tag und Nacht die Temperatur gleich erhalten. Das Thier war langhaarig. Je nach dem Haarreichthume ändern sich die Verhältnisse, wie ich an anderer Stelle nachgewiesen habe.

Das gleiche Thier erhielt dann in drei verschiedenen Reihen Fleisch, 320, 200, 100 *g* täglich, und wurde unter Variation der Temperatur beobachtet. Einigemale wurde auch den Fleischfütterungen vorangehend oder folgend noch ein Hungertag eingeschoben, um den Erfolg mit der ausführlichen Hungerreihe vergleichen zu können. Die Luftfeuchtigkeit war in allen Versuchen fast gleich erhalten.

Was zunächst die Hungerversuche anbelangt, so ergeben sich dabei nachfolgend mitgetheilte Zahlen:

Tabelle 45.

Tag	Kost	N im Harn	N im Koth	Gesammt-N	C der Respiration	C im Harn	Gesammt-C	Fett-C	Cal. aus Eiweiss	Cal. aus Fett	Gesammt-Cal.	Temperatur
1.	Hunger . . .	1·80	0·06	1·86	20·0	1·1	21·0	14·9	46·5	183·6	230·1	20·0
2.	„ . . .	1·56	0·06	1·62	22·4	1·0	23·4	18·0	40·4	224·6	264·6	15·2
3.	„ . . .	1·52	0·06	1·58	28·2	1·0	29·1	23·9	39·5	294·7	334·2	7·6
4.	„ . . .	1·56	0·06	1·62	18·9	1·0	19·9	14·5	40·5	179·0	219·5	30·0
5.	„ . . .	1·42	0·06	1·48	17·3	0·9	18·2	13·7	37·0	169·3	206·3	25·2

Tabelle 46.

Kost	Temperatur	Wärmeproduction	Körpergewicht in *kg*	Pro 1 *kg* Cal.
Hunger	20·0	230·1	4·3	53·5
„	15·2	264·6	4·2	63·0
„	7·6	334·2	4·0	83·5
„	30·0	219·5	3·9	56·2
„	25·2	206·3	3·8	54·2

Tabelle 47.

Temperatur	Cal. pro 1 *kg* und 24 Stunden
8	83·5
15	63·0
20	53·5
25	54·1
30	56·2

Diese Versuche lassen sich noch durch mehrere andere ergänzen, die zwar zeitlich verschieden, aber doch unter vergleichbaren Bedingungen angestellt wurden, so dass sich als Ausdruck guter Mittelwerthe folgende Reihe darstellen lässt:

Hunger	
Temperatur	Wärme pro 1 *kg*
7·6 [1])	86·4
15·0 [2])	63·0
20·0 [3])	55·9
25·0	54·2
30·0	56·2
35·0	68·5

Man sieht, dass diese aus mehrfachen Experimenten berechneten Mittel wenig von der ersten Reihe abweichen. Die Wärmeerzeugung sinkt bei diesem Thiere bei 25° auf ein Minimum, um dann bei 35° stark zu steigen.

Nachstehend folgen die Versuche bei Fütterung des Thieres.

Die erste Reihe betrifft eine Fütterung mit täglich 320 *g* Fleisch, am dritten Fütterungstage ging der Harn verloren; er ist im Mittel vom vorhergehenden und nachfolgenden Tage eingesetzt. Sonst wäre noch zu bemerken, dass der Hund die letzten 3 Tage nicht mehr ganz gerne frass. Er liess sich aber den Rest der Fleischration in den Nachmittagsstunden in den Mund schieben.

---

[1]) Mittel aus 83·5 und einem Versuche nach 320 *g* Fleisch mit 89·3.
[2]) Mittel aus 63·0; und 63·7, 63·7; 61·5.
[3]) Mittel aus 53·5 Cal., 54·64, 56·6, 58·5; 59·1; 52·3.

Tabelle 48.

Kost	N im Harn	N im Koth	Gesammt-N	C in der Respiration	C im Harn	C im Koth	Gesammt-C	Fett-C	Cal. aus Eiweiss	Cal. aus Fett	Gesammtmenge der Cal.	Temperatur
Hunger . . .	1·33	0·06	1·39	18·9	0·97	—	19·9	15·2	34·8	188·3	223·2	20·2
„ . . .	1·60	0·06	1·66	18·7	1·2	—	19 9	14·4	41·5	177·1	218·7	20·2
320 *g* Fleisch .	8·68	0·22	8·9	26·7	5·40	1·10	32·2	3·6	231·3	50·4	281·7	20·2
320 *g* „ .	9·28	0·22	9·5	28·4	5·57	1·10	35·1	4·3	246·7	52·9	299·6	20·2
320 *g* „ .	—	0·22	—	31·0	5·80	1·10	37·9	6·8	246·8	83·6	330·4	30·0
320 *g* „ .	9·30	0·22	9·5	32·1	5·80	1·10	39·0	7·9	247·2	96·7	343·9	30·0
320 *g* „ .	10 0	0·22	10·3	32·8	6·28	1·10	40·2	6·4	267·8	78·9	346·7	15·3
320 *g* „ .	10·4	0·22	10·7	32·9	6·50	1·10	40·6	5·6	274·9	69·0	344·0	6·5
320 *g* „ .	9·9	0·22	10·1	33·8	6·01	1·10	40·9	7·6	263·8	95·3	359·1	6·5
Hunger . . .	1·7	0·06	1·8	30·8	1·07	—	31·9	26·0	445·0	320·1	364 4	7·0

Ueber den Versuch mit 200 *g* Fleisch und 100 *g* Fleisch ist nichts Besonderes anzufügen.

Tabelle 49.

Kost	N im Harn	N im Koth	Gesammt-N	C in der Respiration	C im Harn	C im Koth	Gesammt-C	Fett C	Cal. aus Eiweiss	Cal. aus Fett	Gesammt-Cal.	Temperatur
200 *g* Fleisch	5·69	0·14	5·83	21·5	3·47	0·7	25·64	6·5	151·41	80·2	231·7	20·0
200 *g* „	6·0	0·14	6·11	28·0	3·73	0·7	32·43	12·3	158·9	152·1	311·1	6·2
200 *g* „	6·0	0·14	6·1	23·9	3·62	0·7	28·20	8·3	157·6	102·2	259·8	25·0
200 *g* „	6·2	0·19	6·4	23·5	3·81	0·7	28·06	7·1	165·8	87·6	253·4	30·0

Tabelle 50.

Kost	N im Harn	N im Koth	Gesammt-N	C in der Respiration	C im Harn	C im Koth	Gesammt-C	Fett-C	Cal. aus Eiweiss	Cal. aus Fett	Gesammt-Cal.	Temperatur
100 *g* Fleisch	3·23	0·06	3·3	20·0	2·0	0·4	22·4	11·0	85·5	143·3	228·8	20·0
100 *g* „	3·55	0·06	3·6	20·1	2·1	0·4	22·7	11·0	93·8	133·3	227·2	25·0
100 *g* „	3·24	0·06	3·3	20·0	1·9	0·4	22·3	11·4	85·9	141·3	227·4	30·0

Die allgemeinen Ergebnisse dieser Stoffwechselversuche — wie Gang der Eiweisszersetzung, Fettzersetzung übergehe ich als für meine Betrachtung nebensächlich. Wichtig sind nur die Verhältnisse der Wärmebildung.

Tabelle 51.

Kost	Temperatur	Wärmeproduction	Pro 1 *kg* Cal.
Hunger	20·2	223·2	58·7
„	20·2	218·7	59·1
320 *g* Fleisch	20·2	281·7	74·1
320 *g* „	20·2	290·6	78·8
320 *g* „	30·0	330·4	82·6
320 *g* „	30·0	343·9	83·4
320 *g* „	15·3	346·7	86·6
320 *g* „	6·5	344·9	86·0
320 *g* „	6·5	359·1	89·8
Hunger	7·0	364·4	89·3

Tabelle 52.

Kost	Temperatur	Wärmeproduction	Pro 1 *kg* Wärme
200 *g* Fleisch	20·0	231·7 [1])	57·9
200 *g* „	6·2	311·1	77·7
200 *g* „	25·0	259·8	64·9
200 *g* „	30·0	253·4	63·4

Tabelle 53.

Kost	Temperatur	Wärmeproduction	Pro 1 *kg* Wärme
100 *g* Fleisch	20·0	228·8	55·9
100 *g* „	25·0	227·2	55·5
100 *g* „	30·0	227·4	55·6

Bei 320 *g* Fleisch haben wir an den der Reihe vorangehenden und dem der Reihe folgenden Hungertage grosse Schwankungen der Wärmebildung, an den Fütterungstagen geringe, und jedenfalls keine mit den thermischen Verhältnissen Hand in Hand gehend.

Bei 200 *g* Fleisch treten wesentliche Unterschiede hervor, bei 100 *g* Fleisch fehlen diese Differenzen.

Wir wollen zeigen, inwieweit die Lufttemperatur einen Einfluss auf das Ergebnis der Wärmebildung durch Nahrungszufuhr hat, zu diesem Behufe wollen wir die Mittelwerthe der Wärmebildung bei

[1]) Körpergewicht 4·0 *kg*.

Nahrungszufuhr in der Tabelle über die Wärmebildung des hungernden Thieres eintragen und erhalten so ein Bild über die bei verschiedenen Temperaturgraden gegebenen Verhältnisse. Wir finden dabei:

Tabelle 54.
(Generaltabelle.)

Temperatur	Hunger	100 *g* Fleisch 24 Cal. pro 1 *kg*	200 *g* Fleisch 48 Cal. pro 1 *kg*	320 *g* Fleisch 81 Cal. pro 1 *kg*
7	86·4	—	77·7	87·9
15	63·0	—	—	86·6
20	55·9	55·9	57·9	76 3
25	54·2	55·5	64·9	—
30	56·2	55·6	63·4	83·0

Am übersichtlichsten gestalten sich die Verhältnisse, wenn wir zunächst für jede Temperatur die Wirkungen der Nahrung eintragen. Die eine Zufuhr machte nur 24, die zweite 48, die dritte 81 Cal. pro 1 *kg* aus.

Wenn also das Nahrungsmaterial allein massgebend für die Steigerung des Energieumsatzes wäre, wie man es nach der Hypothese, dass die Circulation des Materiales die Ursache der Wirkung sei, erwarten wollte, so müsste bei jeder Temperatur für sich betrachtet eine Wärmesteigerung durch die Nahrungszufuhr zu finden sein.

Dies ist aber durchaus nicht der Fall, wir haben:

Bei der niedrigsten Temperatur, 7°, zeigten die Versuche mit 200 und 320 *g* Fleisch keine Vermehrung der Wärmebildung, der Versuch mit 200 *g* Fleisch bleibt sogar noch hinter dem Werthe des Hungers etwas zurück. Worin diese Differenzen liegen, können wir später noch wahrscheinlich machen.

Bereits bei 15° zeigt die Aufnahme von 320 *g* Fleisch gegenüber dem Hungerversuche ein starkes Ansteigen der Zersetzung; bei 20° geben 100 *g* Fleisch gegenüber dem Hungerzustande keinen Zuwachs an Wärmebildung, auch bei 200 *g* Fleisch ist der Zuwachs gering oder zweifelhaft, gross dagegen bei 320 *g* Fleisch, wenn auch die absolute Wärmezahl kleiner ist als bei 15°.

Bei 25° bleiben 100 *g*[1]) Fleisch auch ohne Wirkung auf die Erhöhung der Wärmebildung, aber bei 200 *g* Fleisch zeigt sich ein recht bemerkenswerther Zuwachs.

Bei 30° liegen die Verhältnisse ebenso; die kleine Fleischdose gelangt zu keiner Wirkung, wohl aber die Menge von 200 *g* Fleisch und sehr gross ist die Wärmesteigerung bei 320 *g* Fleisch.

---

[1]) 100 *kg* Fleisch = 88·4 Cal. aus Muskelf.
28·3 „ „ Fett
= 96·7 Cal. = 24·2 pro 1 *kg*.

Während bei 0° die Zahlen Hunger: Fütterung wie 86·4 : 87·9 = 100 : 101 sich verhalten, haben wir hier bei 30° 56·2 : 83·0 = 100 : 148 oder 54·2 : 83 = 100 : 153·1.

Die Zahlen beweisen also mit positiver Sicherheit, dass die Temperatur ein ausschlaggebender Factor bei der Frage der Wärmebildung durch die Nahrungszufuhr darstellt. Bei gleichbleibender Nahrungszufuhr werden die Wirkungen derselben um so grösser, je höher die Temperatur steigt, demnach vollkommen im Einklange mit den Ergebnissen der Versuche an den Meerschweinchen.

In den vorliegenden Betrachtungen haben wir aber beiseite gelassen, dass mit steigender Temperatur die Menge des Ueberschusses der Nahrung, weil der Bedarf des hungernden Thieres sinkt, relativ zunimmt. Es könnte daher immerhin noch der Fall vorliegen, dass sich diese Zunahme der Wärmebildung proportional den Ueberschüssen der Nahrung bei den verschiedenen Temperaturen verhält. Auch diese Annahme widerspricht den Versuchsergebnissen. Die Nahrung ist zwar nicht so geregelt worden, dass die Ueberschüsse in allen Fällen dieselben sind, dies verboten die grossen Nahrungsmengen, welche man bei 0° hätte reichen müssen, um einen Ueberschuss von z. B. 50% herzustellen. Aber die Nahrungsmengen sind so abgestuft, dass wir zwei Grenzwerthe für das Nahrungsgleichgewicht angeben können. 320 *g* Fleisch entsprechen bei 0° dem Nahrungsbedürfnisse des Hundes und 200 *g* dem zwischen 20 bis 30°. Es war nicht möglich, durch die Vorausberechnung absolut genau die Nahrungsmenge zu treffen, sie kommt aber den Bedarfszahlen ganz nahe.

Tabelle 55.

Temperatur	Bedarf	Zufuhr[1])	Umsatz	Differenz in %
7	86	81	88	—
15	63	—	—	—
20	56	48	58	+ 3·6
25	54	48	65	+ 20·3
30	56	48	63	+ 12·5

Bedarf, Nahrungszufuhr und Umfang enthält die vorstehende Tabelle. Dabei zeigt sich, dass Fleisch, hinreichend zur vollen Deckung der Bedürfnisse, bei 7° keine specifische dynamische Wirkung entfaltet, die nur zwei Drittel so grosse Fleischmenge, welche aber bei 20 bis 30° fast zur Deckung hinreicht, steigert die Wärmebildung bei 25 bis 30° um 12 bis 20%.

[1]) Inclusive Fett des Fleisches.

Es wäre berechtigt, zu erwarten, dass, wenn man an Stelle der gefütterten 48 Cal. pro 1 *kg* den vollen Werth des Bedarfes gereicht hätte, also bei 25° und 30° 54 bis 56 Cal., demgemäss die Wärmebildung weiter gestiegen wäre. Dass diese Annahme ganz das richtige trifft, wird sich später, Cap. 18, noch zeigen; dann wären 67·4, beziehungsweise 64·2 Cal. zu erwarten gewesen, mindestens 25·6 bis 14·6% mehr, also ein erheblicher Mehrzuwachs.

Die beiden Fälle, jener bei niedriger Temperatur und dieser bei höherer, entsprechen nicht Nahrungsüberschüssen, sondern gerade dem Bedarf.

Daraus folgt von selbst, dass ein gleichheitlicher Ueberschuss der Nahrung über den Bedarf bei ungleicher Temperatur eine ganz verschieden dynamische Wirkung hat, und dass die kleinen Nahrungsmengen bei hohen Temperaturen ganz anders und mächtiger wirken als die grossen Nahrungsmengen bei niedrigen Lufttemperaturen.

Eiweissmengen, welche ungefähr dem Nahrungsbedarf entsprechen, steigern hier erst über 20° die Stoffzersetzung. Eine Fleischmenge, die ungefähr der Hälfte des Nahrungsbedarfes entsprach, zeigte so gut wie keine Wirkung, doch werden bei diesem Resultate gewisse unvermeidliche Fehler vielleicht ihren Einfluss geäussert haben.

Versuche über die Wirkung der Kost können demnach für bestimmte Temperaturen ausgeführt werden und Vergleiche von Experimenten, die bei verschiedenen Temperaturen gemacht sind, haben keinen Werth; die Kost selbst hat ihre grösste ökonomischeste Bedeutung bei niedriger Temperatur und sie verliert mit steigender Luftwärme an dieser; da eine überschüssige Verbrennung dem Hungerzustande gegenüber nicht zu vermeiden ist. Die vermehrte Wärmebildung muss aber aus inneren Gründen nicht zu vermeiden sein; ungünstig wirken diese Zustände insoferne, als das gefütterte Thier, und dies ist doch das normale, höherer Luftwärme gegenüber im Nachtheile ist.

Serie III.

Zur weiteren Feststellung der Thatsache wurde auch noch eine sehr umfangreiche weitere Serie von Versuchen an einem sehr mageren Thiere angestellt. Gut genährt wog es 5·8 bis 6 *kg*. Die nachfolgend zu schildernde Versuchsreihe begann der Hund mit 4·7 *kg* und sank weiter ab bis 3·5 *kg*. Die Gegensätze in der Körperbeschaffenheit sind demnach zwischen diesem Hund (Fl.) und (Am.) dem früheren ausserordentlich grosse. Der Hund war sehr kurzhaarig. Bei dieser 43tägigen ununterbrochenen Reihe befand sich der Hund zuerst zwei Tage im Hungerzustande, dann erhielt er sechs Tage je 275 *g* Fleisch, hungerte einen Tag und hieran schloss sich die weitere in den nachstehenden Tabellen mitgetheilte Reihe. Es wechselten Hungertage mit Fütterungstagen,

an welchen er 275 oder 550 *g* Fleisch täglich erhielt. Der Koth, der Harn, das Fleisch der Einnahme sind hinsichtlich aller in Frage kommenden Werthe direct geprüft.

Der Hund befand sich in meinem Thiercalorimeter, um möglichst scharf die Temperatur der Umgebung festzustellen, wie solches ja auch für die Serie I und II geschehen ist. Die Temperaturen sind in den Tabellen nur annähernd angegeben, eine genaue Tabelle findet sich besonders mitgetheilt weiter unten.

Die wichtigsten Zahlen enthält folgende Generalübersicht:

Tabelle 56.

Flock. Mitteltemperaturen.

Tag	Wasser des Calorimeters	Zustrom	Abstrom	Tag	Wasser des Calorimeters	Zustrom	Abstrom
1.	11·6	11·8	14·1	23.	—	—	—
2.	2·0	2·2	6·1	24.	—	—	—
3.	12·8	13·1	15·7	25.	–	—	—
4.	2·7	3·2	6·6	26.	—	—	—
5.	2·2	2·6	6·4	27.	29·6	30·1	30·3
6.	11·8	12·0	14·3	28.	5·0	5·7	8·9
7.	13·6	13·9	15·8	29.	5·2	5·9	10·1
8.	5·5	6·3	8·6	30.	14·5	14·6	16·9
9.	4·2	5·3	8·2	31.	5·5	6·1	9·0
10.	29·9	30·7	30·9	32.	15·4	15·4	17·1
11.	30·2	30·9	31·5	33.	5·4	6·2	8·8
12.	30·1	30·4	30·6	34.	14·8	14·7	16·5
13.	30·2	30·6	30·9	35.	4·3	5·2	7·9
14.	30·5	30·6	31·4	36.	15·0	14·8	16·5
15.	30·7	31·0	31·4	37.	4·2	4·8	7·5
16.	20·6	21·0	21·4	38.	14·8	14·5	16·0
17.	21·4	22·1	22·5	39.	21·0	20·8	21·2
18.	20·1	20·4	21·3	40.	32·1	31·1	32·1
19.	21·0	21·4	21·5	41.	22·6	22·5	23·5
20.	21·0	22·2	22·2	42.	—	—	—
21.	21·4	21 2	22 2	43.	32·0	31·5	32·1
22.	—	—	—				

Tabelle 57.

	N im Harn	N im Koth	Summe	C in der Respiration	C im Harn	C im Koth	Summe des C	Fett-C	Cal. aus Eiweiss	Cal. aus Fett	Temperatur in Grad C. circa
Hunger . .	—	—	—	24·11	—	—	—	—	—	—	30
„ . .	2·45	0·20	2·65	22 52	2·00	0·90	25·43	16·77	61·25	206·07	30
275 *g* Fleisch	6·08	0·55	6·63	32·86	3·71	0 90	37·47	15·71	172·38	193·11	30
275 *g* „	7·80	0·55	8·35	30·76	4·76	0·90	36·42	9·03	217·15	98·77	30
275 *g* „	8·60	0·55	9·15	31·28	5·25	0·90	37·43	7·42	237·95	91·27	30
275 *g* „	9·04	0·55	9·59	30·46	5·51	0·90	36·87	5·42	249·84	66 67	30
275 *g* „	9·15	0·55	9·70	32·21	5·58	0·90	38·69	6·87	252·2	84·5	20
275 *g* „	7·94	0·55	8·49	31·93	4·84	0·90	37·67	9·82	220·70	120·79	20
550 *g* „	11·56	1·10	12·66	44·12	7·08	1·68	52·88	11·22	329·11	137·76	20
550 *g* „	15·03	1·10	16·13	40·30	9·15	1·68	51·13	(+ 0·68)	419·40	(— 7·0)	20
550 *g* „	15·81	1·10	16·91	42·26	9·64	1·68	53·58	(+ 1·85)	442·0	(- 19·05)	20
550 *g* „	13·74	1·10	14·84	42 26	8·36	1·68	52·30	3·53	386·36	43·45	20
550 *g* „	11·34	1·10	12·44	—	—	—	—	—	—	—	20
550 *g* „	20·22	1 10	21 32	—	—	—	—	—	—	—	20
550 *g* „	19·67	1·10	20·77	—	—	—	—	—	—	—	20
550 *g* „	14·72	1·10	15·82	—	—	—	—	—	—	—	20
550 *g* „	17·05	1·10	18·15	—	—	—	—	—	—	—	20
550 *g* „	16·54	1·10	17·60	46·19	10·09	1·68	57·96	1·23	457·60	15·12	30
Hunger . .	6·56	0·20	6·76	41·50	4·79	0·90	47·19	25·02	169 00	307·75	0
275 *g* Fleisch	6·28	0·55	6·83	43·99	3·81	0·90	48·70	26·30	177·58	323·49	0
275 *g* „	10·04	0·55	10·59	35·61	6·10	0 90	42·61	8·86	275·84	108·85	10
275 *g* „	9·07	0·55	9·62	43·20	5·53	0·90	49·63	18·08	250·12	222·38	0
275 *g* „	10·78	0·55	11·33	35·20	6·58	0·90	42·68	5·50	294·58	67·65	10
Hunger . .	5·35	0 20	5·55	40·85	3·89	—	45·64	27·44	138·75	337·51	0
„ . .	5·17	0·20	5·37	33·22	3 77	—	37·89	20·28	134·32	249·44	10
550 *g* Fleisch	18 64	1·10	19 74	51·57	11·37	1·68	64·62	(+ 0·13)	513·24	(— 1·33)	0
550 *g* „	18·34	1·10	19·44	43·47	11·19	1·68	56·34	(+ 7·42)	505·44	(— 76·43)	10
550 *g* „	17·80	1·10	18·90	51·32	10·86	1·68	63·86	1·87	491·40	23·00	0
550 *g* „	17·21	1·10	18·31	44 23	10·49	1·68	56·60	(+ 3·42)	476·00	(— 35·22)	10
Hunger . .	4·55	0·20	4·75	23·83	3·32	0·90	28·05	12·42	118·75	152·76	20
„ . .	4·27	0·20	4·47	18·98	3·12	0·90	23·00	8·34	111·75	102·58	30
550 *g* Fleisch	16·48	1·10	17·58	35·91	10·05	1·68	47·64	(+ 9·02)	457·6	(— 92·9)	20
550 *g* „	18·12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
550 *g* „	14·98	—	16·08	43·47	9·15	1·68	54·30	1·6	418·08	19·68	30

Das gefütterte Fleisch hatte 24·32% Rückstand
" " " " 4·43% Asche
" " " " 3·64% N
" " " " 3·37% Fett

Die weit fortgeschrittene Magerkeit des Thieres prägte sich bei seiner Hungerzersetzung darin aus, dass bei 20° nicht weniger als 44% der gesammten Wärmeproduction aus Eiweissumsatz gedeckt werden musste, eine ausserordentlich hohe Zahl, doch war der Hund stets munter. In einigen Fällen frass er die grosse Fleischration nicht auf einmal, sondern einen Theil erst einige Stunden nach der ersten Mahlzeit.

Die zweite Tabelle bringt die Gewichte, die Summe der Calorien und der Wärmeproduction pro 1 *kg*.

Tabelle 58.

	Temperatur	Cal.	Gewicht in *kg*	Cal. pro 1 *kg*
Hunger	30	—	4·2	—
"	30	267·32	4·1	65·2
275 *g* Fleisch	30	356·49	3·94	90·4
275 *g* "	30	315·92	4·09	77·2
275 *g* "	30	329·22	4·06	81·1
275 *g* "	30	316·51	4·04	78 3
275 *g* "	20	336·70	4·03	83·5
275 *g* "	20	341·49	4·07	83·9
550 *g* "	20	466·87	4·18	111·6
550 *g* "	20	412·40	4·22	97·7
550 *g* "	20	422·95	4·26	99·3
550 *g* "	20	429·81	4·33	99·3
550 *g* "	20	—	—	—
550 *g* "	20	—	4·48	—
550 *g* "	20	—	4·37	—
550 *g* "	20	—	—	—
550 *g* "	20	—	4·40	—
550 *g* "	30	472·70	4·25	111·2
Hunger	0	476·75	4·05	117·7
275 *g* Fleisch	0	501·07	4·04	124·0
275 *g* "	10	383·69	3·80	100·9
275 *g* "	0	472·50	3·94	119·9
275 *g* "	10	362·23	3·97	91·3
Hunger	0	476·26	3·81	125·0
"	10	383·76	3·80	100·9
550 *g* Fleisch	0	511·91	3·83	133·9
550 *g* "	10	429·01	3·90	110·0
550 *g* "	0	514·40	3·85	133·2
550 *g* "	10	440·78	3·94	111·8
Hunger	20	268·51	3·80	70·7
"	30	214·33	3·64	58·8
550 *g* Fleisch	20	364·70	3·76	97·0
550 *g* "	30	437·76	3·55	123·3

Die Ausnützung des Fleisches war vielleicht nicht so gut, als man sie bisweilen findet, da etwa 2·01% des N zu Verluste gingen. Die Gruppirung der Versuche nach den Temperaturen zeigt folgendes Gesammtergebnis:

Cal. pro 1 *kg* und 24 Stunden.

Temperatur	Hunger	275 *g* Fleisch	550 *g* Fleisch
4·8	121·3	121·9	133·5 [1])
14·6	100·9	96·1	110·9
22·1	70·7	83·7	101·0
30·7	62·0	81·7	117·2

Das Gesammtbild zeigt bei 4·8° zwischen Hunger und Fleischfütterung keine wesentlichen Unterschiede, bei 14·6° gleichfalls noch wenig Verschiedenheit, bei 22·1° bereits ein Steigen für 275 *g* Fleisch, erheblich bei 550 *g* Fleisch, bei 30·7° bei Nahrung in allen Fällen einen erheblichen Wärmezuwachs.

275 Theile Fleisch entsprechen [2]) 86·9 Cal. pro 1 *kg* (65 Cal. in Muskelsubstanz),

550 Theile Fleisch entsprechen 173·8 Cal. pro 1 *kg* (130 Cal. in Muskelsubstanz).

Letztere Fleischmenge war also so reichlich, dass sie schon hinsichtlich der Muskelsubstanz den gesammten Wärmeverlust bei 4% hätte decken können.

Die in den einzelnen Reihen vorhandenen Temperaturen waren bei den niedrigen Wärmegraden:

Bei Hunger	5·4°	14·4°
„ 275 *g*	5·3°	15·0°
„ 550 *g*	4·2°	14·5°

Wie man sieht, reagirte der Hund aber sehr stark auf wechselnde Luftwärme, eliminirt man durch Rechnung diese Ungleichheiten, so zeigt sich Nachfolgendes. Cal. pro 1 *kg* und 24 Stunden:

	Bei 275 *g* Fleisch		
Hunger		Nahrung	Differenz
5·0°	121·7	121·9	0
15·0°	98·7	96·1	— 2·6%
22·1°	70·7	83·7	+ 18·4%
30·7°	62·0	81·7	+ 31·7%

[1]) Temperatur etwas niedriger als das Mittel, siehe später.

[2]) 100 Theile Fleisch = 94·64 Cal. aus Eiweiss
31·74 „ „ Fett
126·38 Cal. = 74·8% in Muskelsubstanz
275 *g* = 347·6 Cal. bei rund 4 *kg* mittleren Gewichtes
550 *g* = 695·2 „ „ „ 4 *kg* „ „
275 *g* Fleisch = 86·9 Cal. pro 1 *kg*
550 *g* „ = 173·8 „ „ 1 *kg*.

und für 550 *g* Fleisch

4·2⁰	128·1 Cal.	133·5	= + 4·2%
14·5⁰	100·9 „	110·9	= + 9·9%
22·1⁰	70·7 „	101·0	= + 42·9%
30·7⁰	62·0 „	117·2	= + 89·0%

Wir haben also in der Temperatur einen Einfluss, welcher die Wirkung einer Kost bald = 0 erscheinen lässt, bald bei derselben Zufuhr den Umsatz um 89% steigert. Das ist ein biologischer Einfluss, der ebenso mächtig ist, wie die ganze chemische Wärmeregulation bei den Thieren.

Es ist nach diesen Beweisen für die mächtige Wirkung der Temperatur ganz müssig, in die oft aufgeworfene Streitfrage einzutreten, ob die Nahrungsaufnahme den Umsatz steigere; den früheren Experimentatoren war die Temperatur als ausschlaggebendes Moment für die Ernährungsprocesse eben nicht bekannt und von dieser ist der Ausfall der Experimente in allererster Linie abhängig.

Wir hatten in Serie II dem Hunde gleichfalls so viel Fleisch zugeführt, dass er im Stande war, seine Wärmeproduction bei 7⁰ völlig zu decken, er zeigte bei 30⁰ ein Mehr an Wärmebildung bei 320 *g* Fleisch gegenüber dem Hunger um 53%, hier dagegen in Serie III unter analogen Verhältnissen ein Plus von 89%. Dies scheint mit dem Ernährungszustande insoferne zusammen zu hängen, als bei dem Hunde in der Serie III durch die Wärme im Hungerzustande die Stoffzersetzung noch herabgerückt werden konnte, als das Thier der Serie II bereits ein geringes Steigen der Wärmebildung erkennen liess.

Das wichtigste Moment liegt aber darin, dass das langhaarige Thier einen relativ geringen Umsatz bei 7⁰ hatte, das kurzhaarige der Serie III einen recht hohen, so dass die für 30 bis 31⁰ berechneten Ueberschüsse ganz ungleich sind; nämlich in Serie II ist der Nahrungsüberschuss auf hohe Temperatur berechnet = 50%, in Serie III aber 180%, also dreimal so gross.

Die Wirkungen hängen also davon ab, in welchem Masse das Sinken der Temperatur den Stoffumsatz anregt. Bei dem langhaarigen Thiere beginnt die Temperatur erst unter 22⁰ in ihrer den Energieumsatz fördernden Einwirkung, bei dem kurzhaarigen Thiere aber schon bei 31⁰; bei 5 bis 7⁰ sind demnach, was den Grad ihrer regulatorischen Thätigkeit anlangt, beide Thiere grundverschieden.

Wir können auch in analoger Weise wie für Serie II in dieser Versuchsreihe die Frage erörtern, wie sich die Wärmebildung bei gleichem Ueberschusse bei verschiedener Temperatur verhält. Die Nahrungsmenge 550 *g* Fleisch bedeutet für einen Bedarf von 121 Cal. einen Ueberschuss von 43·8% bei 4·8⁰, 275 *g* Fleisch dagegen 787 Cal. inclusive Fett, für 62 Cal. Bedarf ein Ueberschuss von 40·3%, also fast den gleichen. Die Versuchsergebnisse, entsprechend gruppirt, lehren:

Tabelle 59.

Temperatur	Bedarf	Zufuhr	Umsatz	Differenz
4·8	121	174	133	+ 10%
14·6	101	—	—	—
22·1	71	87	84	—
30·7	62	87	82	+ 32%

Wir haben bei relativ gleicher abundanter Kost bei 4·8° nur rund 10%, bei 31° aber einen Zuwachs von 32%, obschon die absoluten Fleischquantitäten hier nur halb so gross waren.

Nach den eingehenden Experimenten über die specifische dynamische Wirkung der Nahrungsstoffe halte ich es für ausgemacht, dass die beiden anderen Nahrungsstoffe, Fett und Kohlehydrat, sich bei Variation der Temperatur ebenso verhalten, nur in der specifischen Art quantitativ verschieden, wie ich es vorstehend für das Eiweiss geschildert habe. Ich habe aber mehr der Vollständigkeit des Beweismateriales zu Liebe, doch noch eine den Fleischversuchen analoge Reihe mit Fett ausgeführt.

Der Hund (Fl.) hungerte und erhielt zwischen durch an einzelnen Tagen, wie die nachfolgende Tabelle es ausweist, je 98 *g* Speck,

Tabelle 60.

Nummer	Zufuhr	Temperatur	N im Harn	N im Koth	Summe	C in der Respiration	C im Harn	C im Koth	Summe	Fett-C	Cal. aus Eiweiss	Cal. aus Fett
1	0	7·3	1·68	0·20	1·88	56·67	1·23	0·9	58·80	52·63	47·0	647·3
2	0	31·0	1·93	0·20	2·13	28·93	1·31	0·9	31·14	24·15	53·2	297·0
3	98 *g* Speck	30·6	1·91	0·20	2·11	35·18	1·39	0·9	37·48	30·55	52·7	375·8
4	0	7·4	1·98	0·20	2·18	50·78	1·32	0·9	53·00	45·85	54·50	563·9
5	0	31·5	1·66	0·20	1·86	29·45	1·20	0·9	31·55	25·45	46·50	313·9
6	98 *g* Speck	2·8	2·72	0·20	2·92	62·72	1·98	0·9	65·60	56·02	73·00	689·0
7	0	22·3	1·10	0·20	1·30	27·87	0·80	0·9	29·57	25·31	32·50	311·3
8	0	15·5	2·22	0·20	2·42	34·96	1·62	0 9	37·48	29·54	60·50	363·1
9	98 *g* Speck	15·9	1·51	0·20	1·71	37·96	1·10	0·8	39·96	39·35	42 70	422·5

also wie weiter unten berechnet wird, um 38% mehr als der Bedarf bei der niedrigsten Temperatur ausmachte.

Das Thier befand sich trotz der extremen Bedingungen der Experimente immer ganz wohl. Ich bemerke, dass bei Temperaturen unter Null kein Sinken der Eigenwärme nachgewiesen wurde.

Der Hund war sehr gut genährt und wog statt 4·8 bis 3·5 wie früher 5·8 bis 4·9 *kg*.

Die sehr niedrige Temperatur von +2·8 konnte nur mittelst Eis-Salzmischung erreicht werden, da die Stubentemperatur zwischen 20 und 24° schwankte.

Sinkt die Temperatur längere Zeit auf —7 oder dgl., so wird das Thier unruhig. Wir haben daher im Vorstehenden nur die in den üblichen Temperaturgrenzen liegenden Experimente aufgeführt und mitgetheilt. Die Versuche folgten sich unmittelbar wie angegeben. Aus vorstehender Tabelle kann man nachstehende Werthe pro 1 *kg* ableiten:

Tabelle 61.

Nr.	Zufuhr	Temperatur	Gewicht des Thieres	Cal. im Ganzen	Pro 1 *kg* Cal.
1	0	7·3	5·8	694·3	119·6
2	0	31·0	5·56	350·2	62·9
3	Speck	30·6	5·36	428·4	79·9
4	0	7·4	5·09	618·4	121·5
5	0	31·1	5·20	359·5	69·1
6	Speck	2·8	4·90	762·0	155·5
7	0	22·3	5·13	343·8	67·0
8	0	15·5	5·10	423·6	83·1
9	Speck	15·9	4·98	465·2	93·4

Beachtenswerth sind zunächst die Gewichtsverhältnisse des Thieres; die Zahlen sind die Reingewichte, wie auch sonst angegeben, und Anfangsgewichte des Tages. Man sieht, dass durch Wasseransatz doch sehr erhebliche Veränderungen vorkommen können, wie auch durch Wasserabgabe. Stark gesunken ist das Gewicht am Beginne des vierten Tages nach den Experimenten bei 30°. Am fünften Tage ist der Verlust übercompensirt, ebenso am siebenten Tage.

Bei Fettfütterung wurde bei 2·7° erhalten 155·5 Cal. pro 1 *kg*
„ „ „ „ 15·9° „ 93·4 „ „ 1 *kg*
„ „ „ „ 30·6° „ 79·9 „ „ 1 *kg*

Die Hungerversuche stimmen in den Temperaturen nicht ganz überein, sie waren:

7·3°	120·5 Cal.
15·5°	83·1 „
31·0°	64·5 „

Es lässt sich aber wenigstens für den Versuch bei 7·3, beziehungsweise 2·7° durch Rechnung die Ungleichheit beseitigen. Bei dem Thiere stieg, wenn die Temperatur um 1° sank, die Wärmeproduction um 5·66%.[1])

[1]) Wirkung des Sinkens der Temperatur und der Zunahme der relativen Feuchtigkeit.

Demnach für $7{\cdot}3 - 2{\cdot}7 = 4{\cdot}6^0$ Differenz um $4{\cdot}6 \times 5{\cdot}66 = 26{\cdot}2\%$, dann findet sich:

	Cal. pro 1 *kg* Hunger	Fett	Mehr
$2{\cdot}7^0$	152·1	155·5	+ 2·2%
$15{\cdot}5^0$	83·1	93·4	+ 12·4%
$31{\cdot}0^0$	64·5	79·9	+ 23·9%

98·0 *g* Speck entsprechen nach directer Bestimmung der Verbrennungswärme: 1 *g* = 9265 Cal. (Fett) = 908·0 Cal. pro Tag (= 171·3 Cal. pro 1 *kg*).

Der Ueberschuss war demnach 38·4% auf die Versuche bei 0^0 bezogen.

Also auch bei Fettzufuhr die analogen Verhältnisse wie für die Eiweisszufuhr; fast kein Einfluss trotz grossen Ueberschüssen bei 2·7 und bei 31^0 ein Plus in Wärme von 23·9%. Dieselbe Fettgabe steigert also bei verschiedenen Temperaturen die Wärmebildung in ganz ungleicher Weise.

Eine Berechnung, wie sich bei verschiedenen Temperaturen die letztere bei gleichem Ueberschuss verhalten hat, kann man direct aus dem Experimente nicht entnehmen. Aber schätzungsweise lässt sich Folgendes feststellen: Die 98 *g* Fett überschritten den Bedarf bei 31^0 um 165·6% und gaben 23·9% mehr Wärme; für 100% Ueberschuss 14·4% mehr und für 38·4%, dem Ueberschuss bei 0^0, würde sich eine Vermehrung von 5·6% berechnen. Würden wir also auch bei 31^0 nur eine kleine den Nahrungsbedarf überschreitende Fettmenge gereicht haben, so würde trotzdem ein grösserer Wärmezuwachs aufgetreten sein, als die grosse aber procentig gleich überschüssige Fettmenge bei 0^0 verursacht hat.

Die Versuche beweisen also Folgendes:

Die gleiche absolute Nahrungsmenge erzeugt bei verschiedener Lufttemperatur oder allgemein gesagt bei verschiedenen thermischen Zuständen der Umgebung, vorausgesetzt, dass von Anfang an die Kost reichlich genug ist, einen ganz verschiedenen Zuwachs an Wärme oder bei niederen Temperaturen gar keinen Wärmezuwachs, wohl aber bei hohen Temperaturen. Die Beweise liegen sowohl für die eiweisshaltige Kost wie Fettkost vor.

Aber auch wenn man nicht die Nahrungsmenge nach absolutem Gewichte gleich bemisst, sondern die Procentüberschüsse über den jeweiligen Hungerbedarf gleich erhält (gleiche Abundanz) ist der Wärmezuwachs bei hohen Temperaturen viel bedeutender als bei mittleren und niedrigeren.

Nahrungsmengen, welche nur das berechnete Nahrungsbedürfnis decken sollten, haben bei niedrigen und mittleren Temperaturen keine wärmesteigernde Wirkung, wohl aber bei hohen Temperaturen.

Bei niedriger Temperatur stimmt Nahrungsminimum mit dem Hungerkraftwechsel überein, bei höheren Temperaturen ist der Energie-

bedarf auch im Nahrungsminimum grösser als der Kraftwechsel beim Hungerminimum derselben Temperaturhöhe.

Wie die dynamischen Wirkungen der einzelnen Nahrungsstoffe specifisch verschieden sind, so müssen auch die Temperaturhöhen, welche die Grenze bilden zwischen Congruenz und Incongruenz des Nahrungs- und Hungerminimums, specifisch verschieden sein, und zwar beim Eiweiss am niedrigsten liegen.

So wird also das ganze Gebiet aller Stoffwechseluntersuchungen von den thermischen Einflüssen betroffen in charakteristischer aber zugleich so differenter Weise, dass bisher diese Zustände der Erkenntnis sich völlig entzogen hatten. Man hat bei den einfachsten Stoffwechseluntersuchungen mit viel complicirteren Bedingungen zu thun, als man vermuthet hatte.[1])

Es ist von mir, mit Bezug auf die Ernährung, nur der Einfluss der Lufttemperatur untersucht worden. Zu dem Begriffe Wärme in weiterem, klimatischen Sinne gehören aber noch ausserdem die Variationen der Luftfeuchtigkeit, die solare Strahlung, die Winde.

Die praktische Ernährung hat selbstverständlich es nicht nur mit der Einwirkung der Lufttemperatur, sondern allen diesen verschiedenen Wärmefactoren zu thun. Sie alle wirken, wie ich an anderer Stelle gezeigt habe, in sehr bedeutungsvoller Weise auf den Körper ein und kommen hinsichtlich der hier dargelegten Wirkungen der Kost wesentlich in Betracht.

Die wärmesteigernde Wirkung einer Kost ist eine Function der thermischen Zustände, unten denen ein Thier lebt. Dieser Satz, den ich zuerst auf Grund der Versuche an den Meerschweinchen ausgesprochen habe, ist also hiermit absolut bestätigt und bewiesen.

Man muss sich auch bequemen, für exacte Untersuchungen, betreffs des Eiweissumsatzes, wie wir noch zeigen werden, der Temperatur u. s. w. ein Recht einzuräumen, und es kann dabei unvermeidbar werden, etwas exactere Angaben zu machen, als die Ausdrücke bei „Stubentemperatur" es sind. Man hat auch vielfach die Thiere während des Winters in nichtgeheizten Räumen gehalten.

Durch meine Untersuchungen ist bewiesen, dass der von mir in Capitel III, IV, V über die Eintheilung der Kost in die Periode des Nahrungsgleichgewichtes, des Stoffansatzes ohne Wärmemehrung und die Periode des Energiezuwachses in dieser Ausdehnung und Begrenzung nur für die betreffende Versuchstemperatur von 15 bis 16° C. Giltigkeit hat.

Die drei Ernährungsperioden rücken in ihrer Temperaturbreite noch weiter auseinander, wenn die absolute Temperatur niedriger ge-

---

[1]) Die hier mitgetheilten Thatsachen erklären zum Theile die ungleichartigen Ergebnisse, die man bei abundanter Kost so leicht erhält. Die in Capitel III bis V enthaltenen Werthe sind auch noch von solchen nicht gewürdigten Temperaturwirkungen betroffen. Ein paar Grade Unterschiede in der absoluten Temperaturhöhe können sich im Resultat sehr bemerkbar machen.

nommen wird, sie nähern sich und schieben sich zusammen bei höheren Temperaturen, so dass dabei wenigstens bei Eiweiss nicht nur die zweite Ernährungsperiode ganz ausfallen kann, sondern die Wärmesteigung bereits bei Stoffmengen, die unter dem Bedarfe liegen, sich geltend macht.

Die Gesetze der Ernährungslehre müssten sich also sehr verschieden gestalten, je nach den absoluten Temperaturgraden, die der einzelne Experimentator wählt. Aus der Unbekanntschaft mit diesem wichtigen Factor erklären sich eine ganze Reihe von Widersprüchen, die man in manchen Ernährungsfragen findet.

Die Rückwirkungen der Temperatur auf Stoffwechselstudien erstrecken sich nicht etwa nur auf die Studien über die Fettzersetzung, sondern auch auf die Eiweisszersetzung.

Nachdem man den bedeutenden Einfluss der Temperatur gerade auf diese specifische Wärmewirkung erkannt hat, muss man nochmals auf die älteren Versuche zurücksehen, welche sich mit der Frage beschäftigten, ob nicht die Nahrungszufuhr jedesmal eine Mehrung des Stoffwechsels zur Folge habe.

Meine Versuche geben deutlich an, wie sehr ungleich die Ergebnisse ausfallen müssen, je nach den Nahrungsmengen und je nach den Temperaturgraden, bei welchen die verschiedenen Experimentatoren vorgegangen sind. Die Frage lässt sich überhaupt, wie man erkannt haben wird, gar nicht allgemein lösen, sondern nur für eine bestimmte Thierspecies,[1]) für eine bestimmte Nahrung und für eine bestimmte Temperatur. Bei allen Experimenten, bei denen man hohe Lufttemperatur anwendete, kann man von einer Wärmesteigerung durch Nahrungszufuhr bei Eiweiss z. B. reden, während noch die N-freien Stoffe mehr oder minder gering in ihrer Wirkung sind.

Die widersprechenden Angaben erklären sich also vollständig auf Grund meiner Experimente.

Smith[2]) will auf Grund kurzdauernder Versuche beim Menschen gefunden haben, dass die Kohlensäureabgabe bei Menschen im Winter grösser als im Sommer ist. *Colasanti*[3]) hat Versuche im Sommer, *Finkler*[4]) solche im Winter an Meerschweinchen ausgeführt und bei Vergleichung beider Resultate soll der Verbrauch grösser im Winter als im Sommer sein. *Senator*[5]) bestimmte die Kohlensäureausscheidung bei zwei Hunden im August und im October. Nahrung und Beobachtungszeit (1 Stunde) waren die gleichen. Die Temperatur im October war 10^0 niedriger als im August, die Kohlensäureabgabe war trotzdem im Sommer höher als im Herbst.

---

[1]) Dieser Factor hängt mit verschiedenen Formen der Wärmeregulation zusammen.

[2]) Philos. Trans. 1859, S. 681.

[3]) *Pflüger*'s Arch. Bd. XIV, S. 92.

[4]) Ibid. Bd. XV, S. 603.

[5]) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1872, S. 20 und 1874, S. 46.

Es ist auch verständlich, dass man bei Thieren in Respirationsversuchen, wie sie an Meerschweinchen, Kaninchen u. dgl. nur mittelst der Bestimmung des Sauerstoffes ausgeführt werden, also ohne nähere Controle der Kost, ganz verschiedene Resultate im Winter und im Sommer erhalten werde. Wenn ein Thier im Winter, wo es sich bei der Kühle des Raumes natürlich mit ganz anderen Nahrungsmengen versieht wie im Sommer, in den Winterversuchen eine viel grössere Sauerstoffzehrung zeigen wird wie im Sommer, so ist dies wohl begreiflich.

Finkler hat bei Versuchen an Meerschweinchen bei derselben Temperatur (18·4) ein Mehr von 23% O gefunden.[1])

Die Versuche sind immer als ein Beweis angesehen worden, dass der Winterstoffwechsel ein anderer sei wie im Sommer. Sie sind aber offenbar so zu erklären, dass das Thier mit ungleich verschiedenen Nahrungsmengen im Darme untersucht worden sind, weil sie unter verschiedenen Temperaturen gehalten wurden.

Im Uebrigen ist auch gar nicht ausgeschlossen, dass noch nebenbei die Wirkung ungleichen Pelzes einen Einfluss übt, der dichte Pelz lässt dieselbe Temperatur auf die Thiere nicht in dem gleichen Masse wirken wie im Sommer, bei gleicher Temperatur ist die Wirkung auf das Winterthier geringer, es findet sich also näher der oberen Temperaturgrenze und in diesem Zustande kann die Wirkung der Nahrung noch stärker hervortreten.

Die specifischen dynamischen Wirkungen der Nahrungsstoffe müssen uns also je nach den Ausgangstemperaturen, bei denen man experimentirt, ganz verschieden entgegentreten, bald als ein mächtiger, den Kraftwechsel enorm steigernder Factor, bald als etwas, was in dem Energieumsatze selbst kaum, ja manchmal gar nicht zum Ausdruck kommt.

Und neben den Temperaturen und sonstigen thermischen Einflüssen gibt der Körperzustand, der in den physikalischen Verhältnissen der Körperbedeckung, im Fettreichthum und Haarreichthum begründet ist, einen massgebenden Ausschlag auf die Ergebnisse der Versuche.

Unter diesen Umständen werden wir es begreiflich finden, wenn die früher mitgetheilten Versuche an verschiedenen Thieren, und zwar trotz der bereits anscheinend gleichartigen, aber doch noch nicht völlig gleichen thermischen Bedingungen mancherlei Differenzen zum Ausdruck gebracht haben.

Sie zeigen uns weiter aber die Möglichkeit einer Verbesserung und Verfeinerung der Methodik und veranlassen uns namentlich im Vergleiche verschiedener Thierspecies oder Racen untereinander, und der Menschen im Vergleiche zu den Thieren zu grösserer Vorsicht, als sie bisher üblich war.

---

[1]) *Pflüger*'s Arch. XV, S. 603.

Die Wirkungen der Temperatur auf die Wärmesteigerung durch Nahrungsstoffe kann auch noch nach einer anderen Richtung hin, welche unmittelbar praktische Interessen hat, untersucht werden, nämlich in Hinblick auf die Einflüsse, welche sie auf den Gewinn von Stoffen für den Körper, beziehungsweise auf den Ansatz und das Wachsthum üben.

In dieser Beziehung wäre also zu untersuchen, wie viel von der gleichen Nahrungsaufnahme bei verschiedenen Temperaturen dem Körper zugute kommt.

Serie III eignet sich besonders gut zur Darlegung dieser Wirkung: Die Zufuhr betrug 86·9 bis 173·8 Cal. pro 1 *kg*, es lässt sich also leicht angeben, wie die Gesammtbilanz sich hinsichtlich des Ansatzes verhalten hat, wenn wir zunächst von der Art der angesetzten Stoffe, ob Eiweiss, ob Fett, absehen wollen. Man erhält folgende Zusammenstellung:

Tabelle 62.

Zufuhr	Temperatur	Umsatz	Ansatz oder Abgabe in Cal. pro 1 *kg*	Steigerung der Zersetzung
275 *g* Fleisch . .	5	121·9	— 35·0	0
275 *g* „ . . .	15	96·1	— 9·2	0
275 *g* „ . . .	22	83·7	+ 3·2	+ 18·4
275 *g* „ . . .	31	81·7	+ 5·2	+ 31·7
550 *g* „ . .	5	133·5	+ 40·3	+ 4·2
550 *g* „ . . .	15	110·9	+ 62·9	+ 9·9
550 *g* „ . . .	22	101·0	+ 72·8	+ 42·9
550 *g* „ . .	31	117·2	+ 56·6	+ 89·0

Aus ihr folgt, dass die Temperatur bei gleichbleibender Zufuhr einen bedeutenden Einfluss auf den Ansatz ausübt. In allen Fällen, bei welchen ein Ansatz erfolgte, war hier auch eine Steigerung der Wärmebildung vorhanden; dieser Ansatz nahm mit der Temperatur zu, ausgenommen den einen Fall, in welchem offenbar das Thier einer Hyperthermie entgegenging. Der Ansatz ist am grössten bei sehr reichlicher Fütterung in kurzen Perioden, weniger bedeutend bei kleiner Dosis und hoher Temperatur.

Bei 22° und 550 *g* Fleisch würden + 72·8 Cal. im Tag angesetzt
„ 31° „ 275 *g* „ „ + 5·2 „ „ „ „

In zwei Tagen = 550 *g* Fleischzufuhr erst 10·4 Cal., die Umsätze wären: $2 \times 81{\cdot}7 = 163{\cdot}4$ bei 275 *g* Fleisch und 101·0 bei 550 *g* Fleisch.

Grosse einmalige Gaben von Fleischnahrung wirkten mehr und als kleine Ueberschüsse selbst bei hohen Temperaturen.

Im Uebrigen muss die Dauer der Fütterung mit in Betracht gezogen werden; auf diese chronischen Wirkungen kommen wir in einem der späteren Abschnitte zurück.

Aehnlich liegen die Verhältnisse bei dem Versuche mit Fett, wie die nachfolgende Tabelle zeigt:

Tabelle 63.

Temperatur in ° C.	Umsatz	Ansatz oder Abgabe	Steigerung der Zersetzung
3	155	+ 16	+ 3·4
15	93	+ 78	+ 10·0
31	80	+ 91	+ 16·0

Je höher die Temperatur, desto grösser die Mehrzersetzung, aber desto erheblicher trotzdem die Fettablagerung. Bei 31^0 wird gegenüber 3^0 über fünfmal so viel Fett abgelagert.

VII. Capitel.

Die Compensationstheorie der Nahrungswirkung.

Indem wir den Organismus nicht mehr als starre Einheit aufgefasst haben, sondern in seinem Leben nur die functionellen Aeusserungen unter den gegebenen Aussenbedingungen sehen, ergab sich die Nothwendigkeit, nicht nur die Nahrung, sondern auch die functionellen Aeusserungen bei gleichbleibender Nahrung, zu verändern.

Diese neue Methodik ist nicht ohne Erfolg geblieben; zwar mag es fast den Anschein haben, als wären die Ernährungsverhältnisse nun nur noch mehr in ihrer Complicirtheit gewachsen, aber die neuen Thatsachen geben zugleich neue wichtige Anhaltspunkte zur Lösung unserer Probleme.

Nachdem von meiner Seite erwiesen worden ist, dass die Nahrungsstoffe bei verschiedenen Temperaturen eine ganz verschiedene Wirkung auf den Energieverbrauch äussern, obliegt uns weiter die Aufgabe, nach den Ursachen dieser eigenthümlichen Verhältnisse zu forschen. Wir haben in Abschnitt III die verschiedenen Möglichkeiten erörtert, wie sich eine wärmesteigernde Wirkung der Nahrung etwa erklären lasse. Nach unseren bisherigen Erfahrungen scheiden von diesen Annahmen zwei bereits aus, einmal der Spannungsverlust durch Gährungen im Darmcanal, da man unter Annahme derselben unmöglich die gewaltigen Steigerungen des Energieverbrauches erklären kann, ferner die Annahme von *Fick* u. A., dass generell ein Mehrverbrauch durch einfache Circulation des Nahrungsmateriales und Steigerung der Verbrennung zu Stande käme. Somit bleibt nur als letzte Hypothese, welche zu prüfen ist, die Vermuthung, dass die Nahrung eine Steigerung des Verbrauches in bestimmten Theilen des Organismus hervorrufe, und zwar im Sinne einer specifisch chemischen Wirkung, nicht im Sinne eines mechanischen Darmreizes, der auch durch nicht nährende Substanzen erzeugt werden kann. Ob man den Namen Drüsenreiz wählen will, ist zunächst gleichgiltig; ich habe es für zutreffend gehalten, vorläufig nur von einer specifischen dynamischen Wirkung zu sprechen.

Auch einer solchen Annahme scheinen die Ergebnisse zunächst entgegenzustehen, da man ja geneigt sein dürfte anzunehmen, das gleiche Nahrungsmaterial — in absolutem Gewichte betrachtet — müsse doch stets auch denselben Reiz für Drüsen u. s. w. darstellen, oder wenn die dynamische Wirkung eine specifische sein solle, dann hätte gleichfalls für gleiche Gewichtsmengen der gleiche Wärmezuwachs erwartet werden sollen, was nicht der Fall ist.

Aber gerade dieser ungleiche Effect der Nahrung bei hoher und bei niedriger Temperatur gibt unserer Anschauung anscheinend eine ganz bestimmte und für die specifische Wirkung in bestimmten Organgruppen beweisende Stütze. Wenn sich die lebhafteren Verbrennungsprocesse nach Nahrungsaufnahme in bestimmte Organgruppen, nicht aber in allen Zellen gleichmässig abspielen, dann liegt es auch nahe, daran zu denken, dass die ungleichen Ergebnisse bei gleicher Nahrungszufuhr aber ungleicher Temperaturen Wirkungen compensirender Einflüsse sind, dass ein Mehr der Wärmeerzeugung in gewissen Organen durch ein Weniger in anderer Richtung gedeckt werden kann, und dieses compensirende Princip muss wieder sich von der Temperatur als abhängig erweisen.

Man könnte aber auch annehmen, dass die vermehrte Wärmebildung sich durchaus nicht auf bestimmte Organe beschränkt, sondern eine zwar allgemeine wäre, dass aber eine bestimmte Organgruppe in Bezug auf diesen allgemeinen Zuwachs an Wärme seine eigene Thätigkeit einschränkt.

Kurz gesagt, wenn man eine mit jeder Nahrung eintretende Wärmemehrung für gegeben erachtet, kann das Ungleiche in der Wirkung des Energieumsatzes, das Fehlen jeder Wärmemehrung in dem einen Falle, das gewaltige Ueberwiegen in dem anderen Falle nur durch irgend einen Compensationsvorgang erklärt werden. Noch ehe ich die Nahrungswirkung in ihrem vollen Umfange erkannt hatte, wie sie heute vor mir liegt und in den späteren Capiteln noch näher geschildert werden soll, habe ich diese Compensationstheorie für die richtigste Erklärung der Vorgänge gehalten, wenn schon das natürlich an dem nöthigen Fundament zum Beweise fehlte.

Dieser Gedankengang, der sich bei der wechselnden Wirkung der Nahrung aufdrängt, führte mich dahin, die wärmeregulatorischen Vorgänge der chemischen Regulation als diese Ausgleichseinrichtung anzusehen, welche mehr oder weniger für die aus anderen Quellen stammende Wärme eintreten können. Die chemische Wärmeregulation hätte nach dieser Auffassung die Aufgabe, gewissermassen nur ein Deficit im ganzen Wärmehaushalt zu decken und nicht allein den äusseren Reizen entsprechend zu arbeiten, sondern den schwankenden inneren Zuständen der Wärmebildung sich zu accommodiren.

Meine schon früher ausgesprochene Theorie der Vorgänge lautete demnach folgendermassen:

„Man muss sich vergegenwärtigen, dass beim Hungerzustande und bei mittlerer Lufttemperatur ein sehr erheblicher Theil der producirten Wärme aus den Muskeln stammt und jene Zellen, welche in Beziehung zur Aufnahme der Nahrungsstoffe stehen, wenig thätig sind und wenig Wärme produciren. Wenn aber die Lufttemperatur steigt und die Abkühlung abnimmt, so schränken die Muskeln ihre Thätigkeit ein. Das Gleiche kann offenbar geschehen, wenn die Drüsenzellen und diesen zugehörige Gebiete von einem Reiz getroffen werden, welcher die Wärmeproduction mehrt: Die Muskeln werden entlastet. Indem hier also zwischen Muskeln und Verdauungsapparate Compensationen eintreten, kann die Wärmemenge, welche von einem gefütterten oder einem hungernden Thiere geliefert wird, ganz gleich sein, nur die Quellen der Wärme haben sich geändert."

Es ist aber natürlich völlig gleichgiltig, welche Anschauung man sich über das Wesen und den letzten Grund des Entstehens der Wärme bei Nahrungszufuhr machen will. Ob das wirklich Drüsenarbeit ist, eine unvermeidliche Mehrleistung oder ob die Wärmebildung aus anderen Gründen zu erklären ist.

Das eigentlich Wesentliche besteht nur darin, dass ich für die Nahrung allemal, auch für kleine Mengen eine unvermeidliche Mehrerzeugung an Wärme voraussetze und der zweite Hauptpunkt liegt darin, dass eine Compensation dieser Wärmeerzeugung durch Einsparung innerhalb gewisser Grenzen möglich ist.

Man kann also meine ganze Anschauung wie gesagt, kurzweg als Compensationstheorie bezeichnen.

Die inneren Thatsachen, die eine viel wichtigere Wirkung der Nahrungsstoffe verrathen, zwingen in noch höherem Grade den Schwerpunkt der Erörterungen vorläufig nicht mehr auf den Entscheid über das Wesen dieser Wärmemehrung, als vielmehr auf die Erörterung der quantitativen Leistung der chemischen Wärmeregulation zu lenken.

Die hier ausgesprochene Theorie lässt sich experimentell prüfen. Wir werden einmal festzustellen haben, wie viel die chemische Wärmeregulation bei unseren Versuchsthieren überhaupt leistet, und wie viel durch die Entlastung derselben eingespart werden kann und damit haben wir in Vergleich zu stellen, wie gross in absolutem Masse die specifische dynamische Wirkung der einzelnen Nahrungsstoffe ist, wenn sie sich in vollem Masse äussern kann.

Auch die Frage kann erörtert werden, ob thatsächlich die Nahrungszufuhr die chemische vorzugsweise in den Muskeln ablaufende Regulation herabsetzt und ausschaltet, ob also mit Bestimmtheit solche reciproke Wirkungen zwischen Muskelsubstanz und anderen Zellgebieten vorhanden sind.

Ich bin in der Lage, den vollen Beweis für das Bestehen dieser Compensationstheorie zu erbringen, indem sich alle drei eben genannten Factoren experimentell untersuchen und prüfen lassen und meinerseits auch eingehend geprüft worden sind.

Die Ernährungslehre kann also ohne die Wärmelehre selbst überhaupt nicht auskommen, und der Gedanke, den ich vor vielen Jahren schon als die weitere Aufgabe der Forschung bezeichnet habe, thierische Wärmelehre und Ernährungslehre im Zusammenhange zu betrachten, die Lehren der einen durch die anderen zu ergänzen, hat sich, wie sich zeigen wird, als richtig und fruchtbar erwiesen.

VIII. Capitel.

Wärmeregulation beim hungernden Thiere. Die Menge der regulatorisch einsparbaren Wärme.

Wir beschäftigen uns zunächst mit den Thatsachen der Wärmeregulation der Warmblüter. Die Literatur über diesen Gegenstand ist eine sehr umfangreiche, ich will nur die Hauptzüge der allmählich erreichten Erkenntnis hier berühren, da ein grosser Theil der angestellten Experimente in methodischer Hinsicht und Anordnung der Versuche nicht den an sie zu stellenden Anforderungen entspricht.

Schon *Lavoisier*[1]) hat kurz nach Entdeckung der Rolle des Sauerstoffes bei der Respiration und nachdem er die nahen Beziehungen des Lebensprocesses zu den Verbrennungsprocessen erkannt hatte, diese Frage nach der Wirkung der umgebenden Temperatur aufgegriffen. Er glaubte nachweisen zu können, dass in der Kälte mehr Sauerstoff aufgenommen wird als in der Wärme, woraus also folgern würde, dass durch die Kälte die Verbrennungen im Inneren des Organismus angeregt werden.

Lavoisier hat hier, wie in so vielen grundlegenden Fragen, eine wichtige Thatsache zuerst erwiesen und kennen gelehrt.

Nach *Lavoisier* und *Sequin* sind die verschiedensten und widersprechendsten Angaben über den Einfluss der Temperatur der umgebenden Medien auf die Warmblüter gemacht worden; wie einige eine Erhöhung der Oxydation, so wollten andere eine Verminderung derselben unter dem Einflusse der Kälte gesehen haben. Die mannigfachen Widersprüche haben sich erst gelöst, als man zwischen Warm- und Kaltblüter scharf trennte und namentlich — worauf *Sanders-Ezn*[2]) aufmerksam machte — bei den Versuchen am Warmblüter alle Einflüsse vermied, welche die Eigentemperatur der Thiere zu ändern im Stande waren.

---

[1]) Oeuvres de *Lavoisier* II, p. 688 (1789). *A. Crawford* hat allerdings schon 1788 die gleiche Frage in Angriff genommen; aber seine analytischen Methoden waren noch sehr unzuverlässig.

[2]) Ber. d. sächs. Gesch. d. Wiss. Mathem. phys. Cl. 1867, S. 58 ff.

Erst jetzt leiteten die Versuche allmählich wieder zurück in die alte Bahn. *Sanders-Ezn* variirte die Temperatur zwischen 9 bis 37·5° in 12 bis 20 Minuten langen Versuchen und bewies die Abnahme der Kohlensäureausscheidung und Sauerstoffaufnahme in der Wärme. Die später von *Colasanti* und *Finkler* im Bonner Laboratorium 1877 ausgeführten Versuche brachten im Wesentlichen eine eingehendere Bestätigung der bereits von *Sanders-Ezn* mitgetheilten Thatsachen.

Colasanti[1]) hat Meerschweinchen bei Temperaturen von 7·4° und bei einer höheren von 18·8° untersucht und Aenderungen der Kohlensäureausscheidung und Sauerstoffaufnahme von circa 40% gefunden. *Finkler*,[2]) der einerseits niedere Temperaturen von 3 bis 6° und hohe von 26·2° auf Meerschweinchen wirken liess, erhielt Aenderungen der CO_2-Ausscheidung von 47% und der O-Zehrung von 66%.

Die Versuchszeiten waren bei diesen Versuchen bis über zwei Stunden ausgedehnt, was gegenüber der kürzeren Zeitdauer der Experimente von *Sanders-Ezn* einen Fortschritt bot, insoferne dies bewies, dass die regulirende Thätigkeit des Körpers nicht ganz vorübergehender Natur war. Hervorragende Bedeutung konnte man immerhin auch den letztgenannten Versuchen insoferne nicht zusprechen, weil die Versuchszeiten zu kurze waren und nicht nachgewiesen war, ob in kurzen Zeiten dieselben Ergebnisse erzielt werden, als wenn man Wärme und Kälte lange Zeit einwirken lässt. Für die Betrachtungen der Wirkungen von Kälte und Wärme auf den Gesammtstoffwechsel waren sie nicht mit genügender Sicherheit zu verwerthen.

Inwieweit aber solche Temperaturwirkungen sich über eine längere Versuchsdauer geltend machen, liess sich noch nicht mit Bestimmtheit sagen, wenn es auch von vorneherein wahrscheinlich war, dass nicht im Laufe vieler Stunden die Kälte- oder Wärmewirkung sich völlig abglich. Diese Lücke füllt aber erst ein gleichzeitig mit *Pflüger*'s Untersuchungen durchgeführtes Experiment *Carl Theodor*'s[3]) an einer Katze aus.

Herzog Carl Theodor hat in einer sehr lange dauernden Versuchsreihe an einer Katze die CO_2-Ausscheidung und O-Aufnahme, beim Sinken der Temperatur von 16° bis 5·5 um 40% zunehmen, beim Steigen von 16° bis 30·8 um 31% abnehmen sehen.

Nimmt man nun das Facit aus allen diesen Untersuchungen, so ist die Schlussfolgerung, dass steigende Lufttemperatur die O-Aufnahme mindert, nicht zu bezweifeln und im Grossen und Ganzen das bestätigt, was *Lavoisier* und *Sequin* in ihren mehr orientirenden Reihen auch bereits gefunden hatten.

---

[1]) *Pflüger*'s Archiv, Bd. XIV, S. 92.
[2]) *Pflüger*'s Archiv, Bd. XV, S. 600.
[3]) Zeitschr. f. Biol. XIV, p. 51.

Allerdings standen diesen Ergebnissen eine ganze Reihe anderer Beobachtungen gegenüber, bei denen sich ein solcher zersetzungsmehrender oder mindernder Einfluss der Temperatur gar nicht hatte nachweisen lassen.

Man glaubte unter dem Eindrucke der neueren Experimente ohneweiters über diese eben genannten abweichenden Ergebnisse zur Tagesordnung übergehen zu können, oder diese durch Mäkeln an den Untersuchungsmethoden in ihrer Glaubwürdigkeit zu erschüttern.

Senator,[1]) der einen Hund im Calorimeter prüfte, fand zwischen 21 bis 28° C. so gut wie keine Rückwirkung der Wärme auf den Stoffwechsel. Die Versuche von *Speck*[2]) geben allerdings wegen der ungemein kurzen, 8 bis 9 Minuten währenden Beobachtungszeit allein keine genügende Stütze, um gegenüber dem reichlichen anderen Materiale eine besondere Eigenart der menschlichen Regulation zu begründen. *Voit*[3]) hatte, allerdings nur an einer Versuchsperson, unter Bestimmung der Kohlensäure in sechsstündigen Experimenten von mittleren Temperaturen aufwärts keine Minderung der Kohlensäure durch die Wärme finden können.

Also eine volle Uebereinstimmung und Klärung der Verhältnisse über die Wirkung der Wärme auf den Warmblüter und Menschen bestand keineswegs.

Die Experimente über die Wärmewirkung sind unter ganz verschiedenartigen Versuchsbedingungen angestellt und geben deshalb kein zuverlässiges Bild, wie meine späteren Untersuchungen gezeigt haben. Es müssen eine Reihe von Nebenumständen genau bekannt sein, wenn man eine Erklärung der quantitativen Wirkung von Wärme und Kälte geben will. Meine Experimente haben gezeigt, dass keine von den beiden geäusserten Anschauungen allein zu Recht besteht, sondern dass beide richtig sind, aber jede nur für bestimmte Körperzustände und Temperaturintervalle. Die mit Aenderungen der Stoffzersetzung einhergehende Regulation habe ich die chemische, die ohne solche verlaufende die physikalische Regulation genannt. Beide kommen bei den verschiedenen Warmblütern, auch beim Menschen vor, haben aber bei den verschiedenen Species eine ganz verschiedene praktische Bedeutung.

Für unsere weiteren Betrachtungen ist es nicht möglich, uns auf Beobachtungen anderer Autoren zu stützen, da, wie von *Sanders-Ezn*, durch die *Pflüger*'schen Experimente zwar die Thatsache, dass eine Art von Regulation besteht, die ich später chemische genannt habe, besteht, festgelegt wurde, aber nicht einmal die wirkliche Grösse und der Umfang dieser ist einwandsfrei bestimmt worden. Dazu waren die

---

[1]) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1872, S. 1.
[2]) Arch. f. klin. Medicin, Bd. XXXIII, S. 375 (1883).
[3]) Zeitschr. f. Biol. XIV, S. 79 (1878).

Experimente viel zu wenig unter geeigneten Bedingungen ausgeführt. Zum Theile, wie bei den Experimenten von *Colasanti*, wurden nur einzelne Temperaturintervalle untersucht. Es war den Beobachtern auch entgangen, dass die Ernährung das ganze Bild zu ändern vermag, wie ich nachgewiesen habe.

Die ersten systematisch durchgeführten, welche die ganzen Intervalle von 0 bis 40° umfassten, sind die von mir an hungernden Meerschweinchen angestellten.[1])

So wenig man die Kohlensäure bei Thieren, deren Ernährungsverhältnisse nicht näher bekannt sind, als Mass des Stoffumsatzes verwerthen kann, so brauchbar ist ihre Messung, wenn es sich um den Stoffwechsel hungernder Thiere handelt.

Allerdings dürfen die Hungerzeiten nicht so lange dauern, dass man in jene Periode der Inanition geräth, bei welcher die Eiweiss-Fettzersetzung plötzlich in ausschliessliche Eiweisszersetzung übergeht, sie dürfen aber auch nicht zu kurz sein, weil sonst eventuell die Zersetzung im Hunger noch von der vorhergehenden Fütterungsperiode beeinflusst sein kann.

Der Beweis für die Gleichmässigkeit der Kohlensäureausscheidung zeigte sich bei meinen Versuchen am hungernden Pflanzenfresser sehr deutlich. Späterhin hat *Feder* für die Zersetzung während eines Tages beim hungernden Fleischfresser die Gleichmässigkeit der N-Ausscheidung erwiesen, wie auch durch weitere Versuche meinerseits diese Gleichartigkeit der Stoffzersetzung sich für den Fettverbrauch und die Kohlensäureausscheidung hat darthun lassen.[2])

Die Hungerversuche bei den Pflanzenfressern erfordern, dass man auf den reichlichen Nahrungsvorrath, den sie im Darme tragen, Bedacht nimmt. Der wahre Hungertag beginnt noch nicht mit den ersten 24 Stunden der Nahrungsentziehung, sondern erst am zweiten Tage.[3])

In einem früheren Abschnitte sind nähere Angaben über diese Bedeutung des Nahrungsballastes, welchen die Pflanzenfresser im Darme tragen, mitgetheilt.

Die Experimente wurden mittelst eines kleinen Respirationsapparates angestellt, dessen Construction in Nachstehendem ersichtlich ist[4]) (Fig. 1).

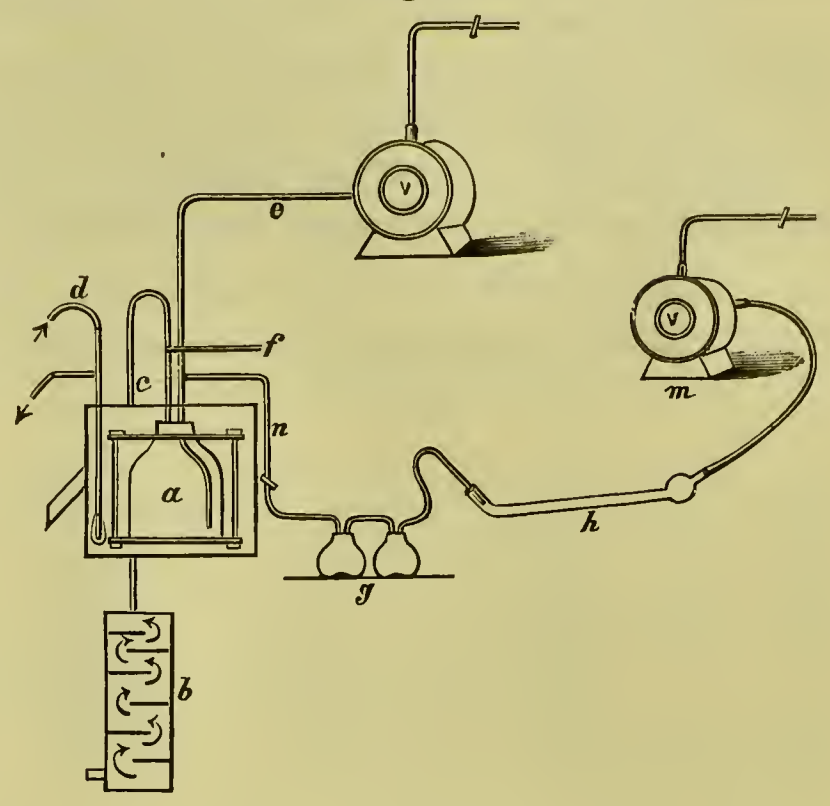
Das Thier befand sich in der Glocke *a*, von 3900 cm^3 Fassungsraum, unter Wasser versenkt, auf einem mit Drahtnetz überspannten Gefässe sitzend. Letzteres war zur Aufnahme von Harn und Koth bestimmt, um diese sofort vor Wasserabgabe zu schützen, mit Oel zum Theile gefüllt. Etwa abgesetzter Harn und Koth sanken sofort im Oel unter und waren so als Quelle einer nach manchen Richtungen

---

[1]) Biol. Gesetze 1887, S 12.
[2]) *Ludwig*'s Festschrift.
[3]) Zeitschr. f. Biol. XVII, S. 216.
[4]) Arch. f. Hyg. XI, S. 157.

hin störenden Wasserverdunstung beseitigt. Die Luft, welche durch den Apparat circulirt, konnte in *b* über Chlorcalcium vorgetrocknet werden. Gasuhr *v* besorgte die grosse Ventilation und stündlich eine 70malige Lufterneuerung, Gasuhr *m* konnte zur Messung der für Kohlensäure- oder Wasserdampfbestimmung nothwendigen Luftprobe benützt werden. Ein- und Abstrom wurden in gleicher Weise analysirt.

Fig. 1.



Die Erhöhung der Lufttemperatur bewirkte beim erwachsenen Thiere ein Absinken der CO_2 bis gegen 35° C., bei 40° C. stieg aber die CO_2-Ausscheidung bemerkenswerth an. Die Bluttemperatur hielt sich bei den Thieren nicht ganz constant, ein sehr deutliches Steigen bemerkte ich bei 38·2° und dann bei 40°.

Tabelle 64.

Temperatur der Glocke	Temperatur des Thieres	CO_2 pro 1 *kg* und Stunde in *g*	Abnahme der CO_2-Ausscheidung für 1° C. steigender Temperatur
0	37·0	2·905	— 2·33
11·1	37·2	2·151	— 1·84
20·8	37·4	1·766	— 2·67
25·7	37·0	1·540	— 0·71
30·3	37·7	1·317	+ 2·82
34·9	38·2	1·273	
40·0	39·5	1·454	

Die Schwankungen der Körpertemperatur sind, wie man weiss, von Einfluss auf die Kohlensäureausscheidung, aber doch nur, wenn grössere Differenzen und Schwankungen vorkommen.

40° Lufttemperatur waren für die Meerschweinchen unter den im Respirationsapparate gegebenen Bedingungen eben noch erträglich. Zwischen 30 bis 35° war so gut wie kein Einfluss der Temperaturschwankung zu erkennen; an dieser Grenze muss also mit steigender Wärme der umgebenden Temperatur die Schwierigkeit der Entwärmung auf anderem Wege abgeglichen worden sein, also mit Mitteln, welche der physikali-

schen Regulation zu Gebote stehen. Es wäre wohl möglich, dass diese Grenzen einer physikalischen Regulirung sogar noch etwas unter 30° und etwas über 35° hinausreichten.

Die Breite der chemischen Wärmeregulation reichte von 0° bis 30·3°, also zwischen ziemlich bedeutenden Temperaturgrenzen.

An einem anderen Meerschweinchen wurden eine Anzahl von Versuchen mit folgenden Resultaten angestellt.[1])

Temperatur	CO_2-Abgabe in 3 Stunden	Das CO_2 sinkt pro 1° um %
0	4·244	
		1·15
10	3 800	
		2·24
15	3·076	
		1·90
20	2·772	
		1·52
25	2·562	
		4·18
30	2·028[2])	
35	2·087	

Auch hier sinkt die CO_2-Ausscheidung continuirlich bis 30° und hält sich bei 35° in gleicher Höhe. Der Procentabfall ist nicht ganz regelmässig, entspricht aber der mittleren Grösse des vorigen Versuches.

Jugend und Alter unterscheiden sich vielfach in den Leistungen der Zellen des Organismus, es war daher angebracht, auch ein kleines junges Thierchen auf seine wärmeregulatorische Fähigkeit zu untersuchen. Wie die nachfolgende Tabelle

Tabelle 65.

Temperatur	Temperatur des Thieres	CO_2 pro 1 *kg* und Stunde in *g*	Abnahme der CO_2 für 1° in %
0	38 7	4·500	
			2·38
10	38·6	3·433	
			3·35
20	38·6	2·283	
			2·21
30	38·7	1·778	
			+ 5·48
35	39·2	2·266	

ersehen lässt, treten zwischen 0 bis 30° nennenswerthe Differenzen in dem Verhalten gegenüber dem alten, ausgewachsenen Thiere nicht auf. Dagegen war das junge Thier ganz entschieden weniger widerstandskräftig gegen die hohe Temperatur von 35°. Bluttemperatur

[1]) Arch. f. Hyg. XI, S. 192.
[2]) Im Original ein Druckfehler.

und Kohlensäureausscheidung nahmen so sehr zu, dass weitere Experimente bei 40° unterblieben. Es wäre nicht uninteressant zu untersuchen, ob das ein individuelles Vorkommnis darstellt oder ob die jungen Thiere in der That weniger Resistenz nach der oberen Wärmegrenze hin besitzen.

Alle am hungernden Meerschweinchen angestellten Versuche zeigen das gemeinsame Resultat, dass die chemische Wärmeregulation bei 30° Lufttemperatur ein Ende findet.

Da ich beobachtete, dass die Thiere bereits in 2 bis 3 Stunden bei 0°, was ihre Blutwärme anlangt, sich etwas abkühlten, so wird für diese kurzhaarigen, gegen Kälte schlecht geschützten Thiere diese Temperatur auch die untere Grenze normaler Wärmeregulation darstellen.

Die Kohlensäureausscheidung stieg beim Sinken der Temperatur von 1·78 bis 4·5 *g* = mehr um 153% für 30° Abnahme = 5·1% für einen Grad. Die Wirkung war also eine sehr mächtige. Dass die Thiere bei den niederen Temperaturen unruhiger gewesen wären wie bei hohen Temperaturen, konnte nicht beobachtet werden.

Regulationsvorgänge ganz ähnlicher Art kann man auch beim Hunde nachweisen, ich habe nur bei diesen Thieren die Experimente nicht 3stündig währen lassen, sondern auf je 24 Stunden ausgedehnt. Bei den grossen Thieren lässt sich dabei auch die Harnausscheidung genau verfolgen, so dass wir ein vollständiges Bild des Kraftwechsels erhalten. Selbstverständlich gehen wir auch bei diesen Thieren von dem Zustande der Inanition aus.

a) Versuch an einem grossen Hunde von 24 *kg*.

25. bis 28. Juni 1885.

Ein grosser, kräftiger Hund, derselbe, welcher zu dem Experimente II gedient hat, wurde an drei aufeinander folgenden Tagen bei grösseren Temperaturintervallen auf seine Zersetzung und Wärmebildung untersucht. Die Zahlen gibt nachstehende Tabelle.

Tabelle 66.

Tag	Temperatur in Grad C.	N ausgeschieden	Fett·C	Wärme aus Eiweiss	Wärme aus Fett	Summe der Cal.	Körpergewicht in *kg*	Pro 1 *kg* Wärme
1.	13·4	10·89	59·10	272·2	726·9	999·2	24·8	39·65
2.	19·5	5·66	58·28	141·5	716·8	858·3	24·4	35·10
3.	27·4	5·51	48·94	138·0	601·96	740·0	24·0	30·82

Die Wärmebildung des Hundes zeigt sich von der umgebenden Temperatur abhängig; auch von 20 bis 27° ist noch ein wesentlicher Abfall der Wärmebildung zu sehen. Ein deutliches Zeichen für eine physikalische Regulation findet sich hier nicht. Doch kann man die Annahme, dass zwischen 20 und 27° vielleicht schon die Grenze der physikalischen Regulation erreicht worden ist, an der Hand einer einzigen Reihe nicht bestreiten, es erscheint ebenso gut möglich, dass diese Grenze noch höher lag als unsere höchste Versuchstemperatur, bei 27°.

Für 1° Steigen der Lufttemperatur sank die Wärmebildung um 1·6%;

für 1° Sinken der Lufttemperatur nahm die Wärmebildung zu um 2·1%.

Wie man sieht, ist es wesentlich das Fett, welches den erhöhten oder verminderten Wärmebedarf deckt; da der Hund zu beginnender Reihe nicht im N-Gleichgewicht war, lässt sich nicht ersehen, ob etwa auch die Eiweisszersetzung von Wärme und Kälte betroffen wird. Die Feststellung einer solchen Wirkung lag übrigens gar nicht in der Tendenz meines Versuches.

Ein anderes Bild über die Wärmeregulation gibt die folgende Versuchsreihe an einem kleinen Hunde.

b) Wärmeregulation bei einem kleinen langhaarigen Hunde (4 *kg*).

Ein sehr genaues und vollkommenes Bild über die Wärmeregulation geben uns die oben S. 106 mitgetheilten Zahlen, wobei an dem langhaarigen Hunde gefunden waren:

	Cal. pro 1 *kg*	
Temperatur	7·6	86·4
„	15·0	63·0
„	20·0	55·9
„	25·0	54·2
„	30·0	56·2
„	35·0	68·5

Diese Reihe theilt sich deutlich in zwei Theile; ein Minimum liegt bei 25°. Darunter liegt, das was die chemische Regulation von mir genannt worden ist.

Die Zahlen beweisen uns für den Hund das Bestehen der chemischen Wärmeregulation, aber auf beschränkterem Gebiete, als dieselbe beim Meerschweinchen und bei dem grossen Hunde sich hat zeigen lassen. Schon bei 25° hatte das Thier jene Grenze erreicht, von welcher ab die weitere Steigerung der Temperatur die Wärmeproduction nicht mehr mindert.

Zwischen 20 bis 30° verhält sich die Wärmebildung so gut wie unverändert, oder besser gesagt, sie steigt minimal an. Dagegen war bei 35° eine sehr erheblich vermehrte Wärmeproduction gegeben.

Aus diesem Intervall 7·6 bis 25° lässt sich ersehen, dass innerhalb des Gebietes der chemischen Wärmeregulation[1])

für 1° Zunahme der Temperatur die Wärmeproduction um 2·06% sinkt
„ 1° Abnahme „ „ „ „ „ 3·31% steigt

Die Breite der physikalischen Regulation ist bei diesem Thiere weit grösser als bei den Meerschweinchen, da sie hier zum mindesten volle 10 Temperaturgrade umfasst. Sie ist für die Lebensbedingungen offenbar ein ebenso wichtiger Vorgang wie die chemische Regulation.

c) Wärmeregulation bei einem kleinen (4 *kg* schweren), kurzhaarigen Hund (Fl. 1901)[2]) 4·9 bis 3·5 *kg*.

In 24stündigen vollständigen Respirationsversuchen wurde gefunden:

Bei Temperatur in Grad C.	Cal. pro 1 *kg* und 24 Stunden
5·1	121·3
14·4	100·9
23·3	70·7
30·6	62·0

Der Hund zeigt bis 31° eine Verminderung seiner Wärmeproduction. Das Thier war nicht nur glatt und kurzhaarig, sondern auch von sehr geringem Fettgehalte. Die geringen Unterschiede zwischen 23·3 und 30·6° zeigen, dass er mit allergrösster Wahrscheinlichkeit bei letzterer Temperatur auf dem Zersetzungsminimum angelangt war.

Für die ganze Reihe berechnet (30·7 bis 4·8°) zeigt dieser Hund für 1° Temperaturabnahme einen Wärmezuwachs von 3·75% der Wärmeproduction. Die Aenderung der Wärmebildung für die Variation der Temperatur um 1° ist offenbar keine constante, doch würde man sicher eine grössere Uebereinstimmung finden können, wenn neben der Temperatur nicht auch die relative Feuchtigkeit grosse Schwankungen durchgemacht hätte.

d) Wärmeregulation bei demselben Thiere (Fl.), nachdem es gut genährt worden war (5·8 bis 4·8 *kg*).

Derselbe Hund erhielt nach den in *c)* berichteten Versuchen reichlich Nahrung und hatte in einigen Wochen sein Körpergewicht auf 5800 *g* in die Höhe gebracht. Sein niedrigstes während der Hunger-

---

[1]) Die Wärmeproduction nahm im Ganzen um 37·38% ab bei steigender Temperatur, und bei sinkender Temperatur um 59·4% zu.

[2]) Die Zahlen finden sich oben S. 115 näher angegeben.

reihe erreichtes Gewicht war 4·760 *g*; demnach wog er am Ende der Reihe so viel als in der vorhergehenden zu Beginn. Er war offenbar auch fetter geworden. In voriger Reihe betheiligte sich bei 20° das Eiweiss mit 44% an der Verbrennung, in dieser Reihe nur mehr mit 9·4%.

Die Wärmeregulation erfolgte in folgender Weise:

Temperatur in Grad C.	Pro 1 *kg* werden an Cal. entwickelt
7·3	120·5
15·5	83·1
22·0	67·0
31·0	64·5

Es zeigt sich in diesem Versuche ganz deutlich, dass schon bei 22° das Thier auf dem Zersetzungsminimum angelangt ist, das es im vorigen Versuche vermuthlich bei 31° erreicht hatte. Von 22° ab beginnt mit sinkender Temperatur die Wärmeproduction rasch in die Höhe zu gehen. Der bessere Ernährungszustand verursacht bei den höheren Temperaturen bei demselben Thiere eine allerdings nicht sehr erhebliche Vermehrung der Wärmeproduction und ein Absinken der Grenze des minimalsten Stoffverbrauches.

Nimmt man als Mittel der Wärmeproduction für 22° das Mittel aus den Werthen für 22° und 31°, die wenig abweichen, so berechnet sich für das Sinken der Temperatur um 1° ein Wärmezuwachs von 5·66%. Dieser Werth ist noch grösser als der bei dem Thiere bei schlechterem Ernährungszustande gefundene.

Bei den niedrigsten Temperaturen war kein Unterschied in der Zersetzung pro 1 *kg* bei dem Hunde in gut oder schlecht genährtem Zustande; nur der Unterschied besteht, dass der Abfall der Temperatur der Umgebung in einem kürzeren Intervall die Wärmeproduction steigen lässt. Das abgelagerte Fett hat bei dem Hunde also wohl an der oberen Temperaturgrenze die Wirkung der Wärme hinausgeschoben, scheint aber gegenüber den starken Wärmeentziehungen bei niedriger Temperatur einen entscheidenden Einfluss nicht zu üben.

Ich könnte die Versuche noch um den einen oder anderen vermehren; ich denke aber, es genügen diese Beispiele, um die Grösse der auf regulatorischem Wege angefachten Wärmemehrung und -Minderung zu illustriren. Es ist mir noch kein zu Ernährungsversuchen dienendes Thier unter die Hand gekommen, das nicht diese chemische Regulation gezeigt hätte. Wie manche Physiologen auch heute noch an dem Vorhandensein dieses mächtigen Regulationsmechanismus zweifeln können, ist völlig unerfindlich. Ebenso unverständlich der Gedanke, dass es sich dabei immer nur um zitternde, gröbere Muskelbewegungen der Thiere handle, welchen die Wärmemehrung bei Kälte zu verdanken sein soll. Will man wirklich annehmen,

dass solche Thiere, welche unter 30° eine chemische Regulation zeigen schon bei 29, 28° u. s. w. vor Kälte zu zittern beginnen, wenn sie dann auch Temperaturen von 0° ohne äusserlich sichtbare Unruhe ertragen?

Für die Frage der Compensationstheorie kommt nur die chemische Regulation in Betracht, denn nur innerhalb ihrer Grenzen kann aus anderen Quellen fliessende Wärme die Muskeln entlasten. Es ist daher natürlich auch vom grössten Belang, bei welchem absoluten Temperaturgrad der Grenzpunkt zwischen chemischer und physikalischer Regulation liegt. Wie schon erwähnt, haben wir es dabei mit keiner stationären, sondern mit einer vom Körperzustande abhängigen variablen Grösse zu thun.

Die Beschaffenheit der Haut äussert demnach einen ungemein grossen Einfluss auf die Grösse der procentigen Wärmesteigerung unter der Wirkung der abnehmenden Lufttemperatur. Doch nicht nur in dem Sinne, dass grösserer Haarreichthum, d. h. die Länge der Haare einen modificirenden Einfluss übt; bei Schwankungen im Ernährungszustande von vorübergehender Dauer wechselt die Hautmenge im Verhältnisse zur Körpermasse. Ein heruntergekommenes Thier hat viel Haut, die sich zusammenzieht und runzelt, nimmt die Körpermasse zu, so spannt sich die Haut und wird dünner. Dies ist jedenfalls ein Moment, welcher beim Fetterwerden eines Thieres, der wärmesparenden Wirkung des letzteren entgegenwirkt.

Wir kommen auf diese Verhältnisse später noch eingehender bei Betrachtung der Zersetzung im Hungerzustande zurück.

Aus den drei für den Hund gegebenen Beispielen ersieht man, dass die Zahl, um welche der Stoffwechsel im Gebiete der chemischen Wärmeregulation angeregt wird, keine constante ist, vielmehr innerhalb gewisser Grenzen auch bei demselben Thiere schwankt.

Der Vergleich der Versuche *c* und *d* lässt den Schluss zu, dass bei Ungleichheiten im Fettgehalt des Thieres die Differenzen unter verschiedenen Ernährungsverhältnissen zu erklären sein dürften. Wir halten uns für berechtigt, zu sagen, dass die Zunahme des Fettes am Körper die Grenze zwischen chemischer und physikalischer Regulation nach unten verschiebt.

Wir kommen auf diese höchst variablen individuellen Momente bald eingehend zurück.

Fast bei jedem der Untersuchung unterworfenen Thiere liegen die Verhältnisse der Wärmeregulation etwa anders und wir hätten ein sehr unvollkommenes Bild bekommen, wenn etwa ein einziges Thier zu den Untersuchungen gedient hätte. Man muss nach den gewonnenen Ergebnissen im Allgemeinen mit recht erheblichen Verschiedenheiten und anscheinend individuellen Eigenthümlichkeiten rechnen, die aber recht wohl, so weit unsere Erfahrungen reichen, einer Erklärung und einem Verständnisse zugängig sind.

Die zuerst von *Sanders-Ezn* ihm *Ludwig*'schen Laboratorium erwiesene chemische Regulation, für die dann durch *Voit* und die

Schüler *Pflüger*'s weitere Beiträge geliefert wurden, stellt nicht die ganze und für den Menschen speciell nicht einmal die wichtigste Art der Regulation dar, sondern es besteht noch ausserdem die von mir zuerst in ihrer Bedeutung erkannte und bewiesene physikalische Regulation.

Meine Untersuchungen lehren, die Wärmeregulation auch des hungernden Thieres ist ein complicirter Vorgang.

1. Bei tieferen und mittleren Temperaturen bedienen sich die Thiere der chemischen Wärmeregulation.

2. Bei höheren Temperaturen tritt die physikalische Wärmeregulation in Thätigkeit.

3. Bei sehr hohen Temperaturen steigt die Eigenwärme und die Gesammtwärmeproduction. Das Thier befindet sich im Zustande der Hyperthermie.

Die Thiere müssen sich durch die Regulation den verschiedenen klimatischen Aussenbedingungen anbequemen; der natürliche Aufenthalt derselben ist das Freie. Die thermischen Verhältnisse unseres Klimas geben häufig genug und wohl in überwiegendem Masse Gelegenheit dazu, dass die Thiere nicht entwöhnt werden, sich der chemischen Wärmeregulation zu bedienen.

In dem Verhalten der Meerschweinchen und der Hunde findet man keine vollkommene Uebereinstimmung, weil die Grenze zwischen chemischer und physikalischer Regulation als eine recht verschiedene sich zeigte. Aber auch der grosse und der kleine Hund zeigen unter sich Abweichungen.

Man wird sich fragen müssen, warum verschiedene Thiere eine verschiedene Grenze für chemische und physikalische Regulation besitzen. Dass im weitesten Sinne dies mit Species und Raceeigenthümlichkeiten verknüpft sein soll, ist nicht recht wahrscheinlich.

Wenn man aber erwägt, dass die physikalische Regulation im Grossen und Ganzen ein Kampfmittel gegen hohe Temperaturen darstellt, wird man auf den richtigen Weg geleitet. Veränderungen, welche sich in der Wärmedurchgängigkeit des Felles vollziehen, werden auch auf die Grenze zwischen physikalischer und chemischer Regulation Einfluss üben müssen. Diese Annahme hat sich durchaus bewahrheitet.

Wie ich aber durch Experimente an dem kleinen Hunde habe direct erweisen können, liegt in der verschiedenen Behaarung der hauptsächlichste Grund für die absolute Höhe des Grenzpunktes zwischen chemischer und physikalischer Regulation. Kurzhaarige Thiere zeigen einen höher gelegenen Grenzpunkt als langhaarige und nach dem Scheeren eines langhaarigen Thieres rückt der Grenzpunkt nach oben.

Die stärkere Wärmeabgabe eines geschorenen Thieres gegenüber einem normalen habe ich zuerst mittelst des Calorimeters bestimmt am Meerschweinchen und eine Zunahme an Strahlung und Leitung um 33% gefunden; die Eigentemperatur des Thieres sank um 0·6 bis

0·7° trotz der grösseren Wärmebildung. Diese Zunahme der Wärmeabgabe ist kein vorübergehender Process, sondern hält in seinen Wirkungen auch in den nachfolgenden Tagen in gleicher Stärke an.

Leitung und Strahlung allein geben freilich noch kein ganz zuverlässiges Mass des Gesammtkraftwechsels, dazu würde noch die Wasserverdampfung beobachtet werden müssen, was in diesem Falle unterblieben ist. Aber man ersieht daraus doch die wichtige Aenderung in den thermischen Constanten des Wärmedurchganges durch die Haut.

Laulanie[1]) hat sich später auch mit der Frage beschäftigt, inwieweit das Scheeren eines Thieres die Wärmeabgabe durch Strahlung beeinflusst; er glaubt zeigen zu können, dass in Folge des Scheerens sowohl die Wärmestrahlung als auch die Intensität des respiratorischen Gaswechsels zunimmt. Leider währten die Versuche nur je zwei Stunden, eine wenigstens für die vorliegende Frage etwas kurze Zeit.

Die Versuche *Laulanie*'s sind für die vorliegende Frage also in keinem anderen Ergebnisse gewesen, wie meine bereits früher erwähnten.

Die Frage ist indes so wichtig, dass ich sie später wieder aufgenommen habe, nicht nur sollte in vollen Tagesversuchen der gesammte Stoffwechsel untersucht werden, sondern namentlich noch gezeigt werden, inwieweit die quantitativen Verhältnisse der Wärmeregulation eine Aenderung erfahren haben.

Nachstehende Tabelle vergleicht den Hund *c* in drei verschiedenen Zuständen bei dichter Behaarung, stark und wenig geschoren.[2])

Tabelle 67.

Cal. pro 1 *kg* und 24 Stunden.

Temperatur	Normalhaarbedeckung	Geschoren (stark)	Geschoren (wenig)
20	55·9	82·3	58·2
25	54·2	61·2	61·8
30	56·2	52·0	—
35	—	—	68·7

Bei schwachem Scheeren zeigt sich zwischen 20 bis 25° wenig Unterschied, bei 35° bestand offenbar Hyperthermie, vermuthlich erstreckte sich die physikalische Regulirung noch bis 30°. Ganz eclatant sieht man bei starkem Scheeren noch zwischen 25 und 30° die chemische Regulation functioniren, womit also der Gegensatz zwischen Meerschweinchen und Hund, ein etwaiger Speciesunterschied in der Regulation beseitigt wird. Die absoluten Grenzen der chemischen,

[1]) Arch. de physiol. IV, 2, p. 233; siehe auch Mémoires Soc. de Biologie 1892, p. 19.

[2]) Arch. f. Hyg. IX, S. 55, 1889.

physikalischen Regulation und der Hyperthermie sind variable und hängen also unter anderem wesentlich von der Behaarung der Thiere mit ab, wie wir in gleicher Weise dies oben von dem Fettbestande haben zeigen können.

Die Steigerung der Wärmeproduction lässt sich nicht so ausdrücken, wie dies mehrfach geschehen ist, dass man nur für eine Temperatur den Vergleich anstellt. Bei verschiedenen Temperaturen ist die Wirkung des Scheerens ganz verschieden. Bei 30^0 vermindert das Scheeren die Wärmeproduction, bei 25^0 vermehrt sie dieselbe, bei 20^0 ist die Differenz noch viel grösser. Innerhalb des Gebietes der chemischen Regulation stieg bei dem langhaarigen Hunde für 1^0 Abnahme der Temperatur die Wärmebildung um $3{\cdot}3^0$, als er aber glatt rasirt war, unter denselben Verhältnissen um $5{\cdot}82\%$, also ausserordentlich viel rascher. Der Zustand der Behaarung erweist sich demnach von ausserordentlich grossem Einflusse auf die Stoffwechselvorgänge.

Man muss sich sagen, dass dieser Umstand nicht allein für Thiere derselben Species, sondern noch mehr für verschiedene Arten von grösster Wichtigkeit sein muss, was namentlich bei der Frage, inwieweit der relative Ueberfluss von Einfluss auf den Stoffwechsel bei verschiedenen Thieren ist, wohl zu beherzigen sein dürfte.

Die Pelzbekleidung ist bei den Thieren ungemein verschieden.[1]) Ich habe anderorts über die physikalischen Eigenthümlichkeiten verschiedener Pelzsorten berichtet. Allerdings wurden nicht frische Häute, sondern Handelspelze nach der Gerbung untersucht, ein allgemeines Bild geben aber auch diese Untersuchungen.

Ich prüfte den Pelz der schwarzen Katze, des schwarzen Lammes, Kaninchens, Bisams, Nerz, Waschbären, Biber, Skunks und Schafes. Die Haarschicht dieser Pelze schwankt zwischen 12 bis 39 *mm*. Die Gewichte der ganzen Haarschicht sind ungemein kleine, 21 bis 103 *mg* pro 1 cm^2. Die Pelze haben einen ungeheueren Luftreichthum 97·3 bis $98{\cdot}8\%$. Die Pelzbedeckung besteht aus Luft und nur 1·2 bis 2·7 aus Haarsubstanz. Kein künstlicher Bekleidungsstoff erreicht diese immense Luftigkeit.

Man darf aber nicht glauben, dass trotz der Luftigkeit in allen Fällen der Wind etwa leicht in dieses Haargewirre dringen kann. Bläst man gegen den Haarstrich, so theilen sich in manchen Fällen die Haare leicht und die Luft dringt in die Tiefe des Pelzes. In anderen Fällen aber gelingt es nicht, die Haare voneinander zu trennen.

Die Luft drang verhältnismässig leicht in den Pelz der schwarzen Katze, des Bisams, des Nerz, Waschbären und Skunks, aber nicht in den Pelz vom schwarzen Lamm, Biber und Schaf. Dies hängt mit der Anordnung der Haare zusammen. Wenn Luft leicht eindringen kann,

---

[1]) Zeitschr. f. Hyg. XXIV, S. 375.

besteht das Haarwerk aus zwei Sorten, borstenartigem überragenden Haar und feineren Härchen dazwischen.

Ich habe auch das Wärmeleitungsvermögen beim Kaninchenfell näher geprüft und gesehen, dass solch ein Fell ein weit schlechteres Wärmeleitungsvermögen als der beste menschliche Bekleidungsstoff besitzt. Ein Kaninchenfell unterscheidet sich vom Wärmeleitungsvermögen stagnirender Luft nur mehr um 6·92%.

Das Federkleid der Vögel ist ganz gewiss dem Haarkleide der Säugethiere gleichwerthig, wenn nicht überlegen.

Das cutane Fett ist gleichfalls als ein wesentlicher Wärmeschutz anzusehen, welcher in ähnlicher Weise wie eine Bekleidung sich verhält, wie wir schon oben gesehen haben.

Die Abnahme der Temperatur im Fettgewebe ist von *Henriques* und *Hansen*[1]) untersucht. Durch eingestochene Thermoelemente fand sich:

1 *cm* unter der Haut	33·7°
2 *cm* „ „ „	34·8°
3 *cm* „ „ „	37·0°
4 *cm* „ „ „	39·0°
Rectaltemperatur	39·9°

Die Verhältnisse sind also ähnlich, wie ich sie für die Schichttemperatur der Kleidung früher a. O. angegeben habe. Bemerkenswerth ist auch die Thatsache, dass oleïnreiches Fett sich an den kühleren Stellen findet, und dass man durch künstliche Verhältnisse der Erwärmung oder Abkühlung es in der Hand hat, Fette von verschiedener Zusammensetzung ablagern zu lassen.

Zwei weitere thermische Factoren, wie die Windbewegung und die relative Feuchtigkeit, erfordern mit Rücksicht auf die mitgetheilten Versuche nur ein paar Worte. Die erste ist bei meinen Reihen ganz eliminirt; praktisch im Leben spielt sie natürlich eine wichtige Rolle. Wir haben bei der Wärmeregulation des Menschen noch Gelegenheit auf ihre Wirkung zurückzukommen.

Die relative Feuchtigkeit hat bei mittleren Temperaturen nur in ihren Extremen eine geringe thermische Wirkung, indem zunehmende Feuchtigkeit wie zunehmende Temperatur, und zunehmende Trockenheit wie fallende Temperatur wirkt; für die Wirkungen bei niedriger und bei hoher Temperatur wird durch den Feuchtigkeitsgrad die obere Grenze in dem Sinne beeinflusst, dass die Regulationsmöglichkeit früher ihr Ende erreicht und die Hyperthermie frühzeitig einsetzt, bei niedriger Temperatur verschärft sie unzweifelhaft die Wirkung der Kälte durch Aenderung der Leitungsconstante der Haare des Pelzes.[2])

---

[1]) Skandinav. Archiv XI, 1900, S. 161.
[2]) Arch. f. Hygiene, Bd. X, p. 281.

Ein zweiter wichtiger Factor, der eine Verschiebung der Wärmeregulationsgrenze herbeiführen muss, der aber in meinen Experimenten gar nicht zum Ausdrucke kommt, ist die Arbeit. Sie prägt sich sehr wesentlich in den beim Menschen gegebenen Verhältnissen aus. Die Arbeit bedingt eine Mehrerzeugung von Wärme, die, wie ich beim Menschen habe zeigen lassen, ganz unbeeinflusst von der Temperatur bleibt, so lange die Wärmezeugung so reichlich ist, dass die pro 1 *kg* erzeugte Wärme annähernd grösser ist als die im Hungerzustande unter denselben Bedingungen nöthige Wärmeproduction. Da ich aber in Folgendem die Arbeitsleistung überhaupt nicht in mein Versuchsprogramm aufgenommen habe, will ich mich auf diesen kurzen Hinweis beschränken.

Indes beabsichtige ich mit diesen Bemerkungen nichts weiter als einen Hinweis, dass die Grenzpunkte zwischen chemischer und physikalischer Regulation, die ja freilich nur ideal gedacht ganz scharfe sein können, verschieblich ist nicht allein durch die den Temperaturgrad begleitenden anderen thermischen Zustände, sondern aus inneren Gründen, die man kurzweg als individuelle bezeichnen könnte.

Die Lage dieser Grenzpunkte muss aber eine weittragende Bedeutung haben, weil von ihm innerhalb der im Allgemeinen für die Thierexperimente gewählten Bedingungen die absolute Grösse der Wirksamkeit der chemischen Regulation abhängig ist, in dieser Grösse haben wir den die Wärmemehrung durch Nahrungsaufnahme mehr oder minder das Gleichgewicht haltenden Factor zu suchen.

Je nach der Lage dieser Grenzpunkte und der Versuchstemperaturen zu diesen wird sich der Effect eines Ernährungsexperimentes vom energetischen wie stofflichen Standpunkte aus betrachtet, verschieden verhalten müssen. Es unterliegt gar keiner Schwierigkeit, diesen Grenzpunkt mit genügender Schärfe festzustellen.

Die physikalische Regulation beansprucht also auch bei dem hungernden Thiere ihre Berücksichtigung, und es ist gewiss eine dankenswerthe Aufgabe, vergleichend physiologische Studien in dieser Richtung bei verschiedenen Thieren, den Wollthieren, Thieren mit exceptionellem Fettpolster u. s. w. anzustellen. Für die Art und Grösse der Mast müssen diese Verhältnisse von wesentlicher Bedeutung sein.

IX. Capitel.

Vergleich der regulatorisch einsparbaren Wärme und der durch Nahrungsaufnahme bedingten Mehrung des Energieumsatzes.

Kehren wir nun zu unserer gestellten Frage zurück, wie viel im Hungerzustande durch Variation der Temperatur an Zersetzung gespart werden kann, so lässt sich diese Frage ohneweiters aus den vorstehenden Zahlen beantworten.

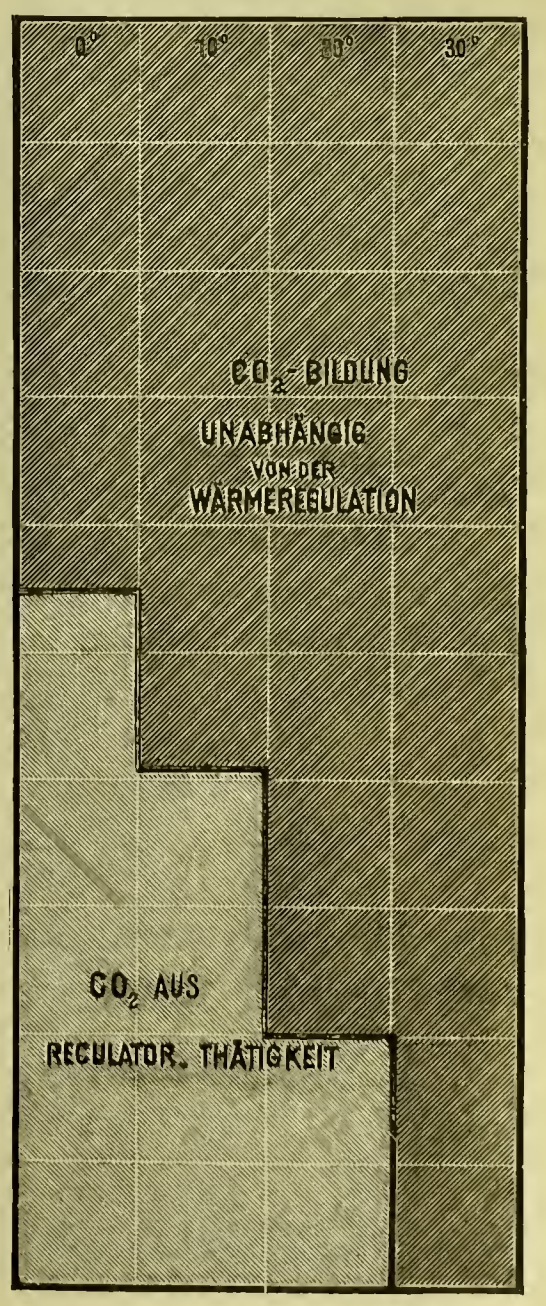
Fig. 2 gibt für das Meerschweinchen im Hungerzustande und für die einzelnen Temperaturstufen an, wie viel CO_2 aus regulatorischer Thätigkeit entsteht und wie viel ausserdem.

Bei 0^0 werden $2{\cdot}905\,g$ CO_2 pro 1 *kg* und Stunde abgegeben, davon entstammen $2{\cdot}905 - 1{\cdot}273 = 1{\cdot}632\,g$ aus wärmeregulatorischem Einflusse, durch die Nahrungszufuhr war bei 30^0 die Wärmeerzeugung bei den Meerschweinchen um $30{\cdot}3\%$ gesteigert. Da bei 30^0 $1{\cdot}317\,g$ CO_2 im Hunger ausgeschieden werden, so sind $30{\cdot}3\%$ mehr $= 0{\cdot}399\,g$. Die Wärmeregulation würde aber hinreichen, ein Mehr von $1{\cdot}632\,g$ zu decken. In diesem Falle ist also die Regulation mehr als hinreichend, eine Mehrerzeugung von Wärme zu decken, ja die Wärmeerzeugung könnte noch viermal grösser sein, als sie gefunden wurde.

Bei dem kleinen zu meinen Versuchen benützten Hunde findet man, wenn er seinen vollen Pelz trägt:

Bei 7^0 86·4 Cal. als Production, 32·2 Cal. aus regulatorischer Thätigkeit $= 37{\cdot}2\%$;

Fig. 2.



bei 15° 63·0 Cal. als Production, 8·8 Cal. aus regulatorischer Thätigkeit = 13·8%;

bei 20° 55·9 Cal. als Production, 1·5 Cal. aus regulatorischer Thätigkeit = 2·6%.

Gut geschoren ergaben sich beim Hunde dagegen folgende Zahlen:

Bei 20° 82·3 Cal. als Production, 30·3 Cal. aus regulatorischer Thätigkeit = 36·8%;

bei 25° 61·2 Cal. als Production, 9·0 Cal. aus regulatorischer Thätigkeit = 14·7%.

Die Mehrproduction an Wärme bei sehr reichlichem Futter (320 *g* Fleisch) betrug bei 30° 83·0 — 56·2 = 26·8 Cal.

Da bei 7° aber 32·2 Cal. aus regulatorischer Thätigkeit entstammen, so ist bei gut entwickeltem Pelz des Thieres das unter dem Einflusse der Nahrung entstehende Mehr an Wärme durch die Einsparung auf regulatorischem Wege vollauf zu decken. Beim rasirten Thiere würde aber noch bei 20° Lufttemperatur die Möglichkeit bestehen, eine solche Wärmemehrung durch Compensation mittelst des wärmeregulatorischen Apparates zu decken.

Je kurzhaariger ein Thier, um so höher reicht die chemische Wärmeregulation nach der Höhe der Bluttemperatur hin und um so leichter findet selbst reichliche Nahrung die Gelegenheit, ohne eine überschüssige Wärmeproduction zu verbrennen.

Bei den Hundeversuchen haben wir gesehen, dass für 1° Sinken der Lufttemperatur die Wärmeproduction in den Fällen, welche im weitesten Temperaturintervall geprüft sind, variiren zwischen:

$$\left.\begin{matrix}3{\cdot}3\\3{\cdot}75\end{matrix}\right\} 3{\cdot}5\% \text{ und } \left.\begin{matrix}5{\cdot}82\\5{\cdot}66\end{matrix}\right\} 5{\cdot}73\%.$$

Daraus lässt sich leicht durch Rechnung ersehen, ausserhalb welcher Grenzwerthe sich das durch Wärmeregulation Einsparbare bewegt.

Nehmen wir im Mittel 30° als die Lage des Hungerminimums und als Basis der chemischen Regulation, so würden, wenn man weiter die Wärmeproduction = 100 setzt, folgende Werthe erhalten:

	A	B
0°	205	271
10°	170	214
20°	135	157
30°	100	100

von 205 Cal. wären also einsparbar 105 u. s. w., von 170 Cal. 70, von 135, 35 u. s. w.

Also:

	A	B	
0°	51	63	Von den Calorien bei Hungerzersetzung sind in Procent einzusparen.
10°	41	53	
20°	26	36	
30°	0	0	

Die Differenzen sind bei niedriger Temperatur kleiner als man erwarten mochte, relativ und absolut grösser bei hohen Temperaturen. Sie werden grösser, wenn sich, wie dies in praktischen Fällen geschieht, die 0-Punkte der Curven verschieben.

Wenn A, ein stark behaartes Thier, sein Hungerminimum bei 20° zeigte, so würden die Differenzen sehr erhebliche werden:

	A	B	
— 10°	51	—	Von den Calorien bei Hungerzersetzung sind in Procent einzusparen.
0°	41	63	
10°	26	53	
20°	0	36	

Allemal treten die relativ und absolut grössten Differenzen in den höheren Temperaturgrenzen auf.

Die Werthe sind von der Grösse der Thiere unabhängig, gelten demnach allgemein, nur die absoluten Grössenwerthe hängen mit dem absoluten Körpergewichte zusammen.

Nimmt man nun die Versuche, wie sie im Abschnitte IV, Serie II und III, angeführt sind, zur Hand und sieht zu, wie viel nach den directen Hungerversuchen an Wärme einsparbar ist und vergleicht damit dann den Wärmeüberschuss, welchen die betreffende Nahrungsmenge bei den höchsten Wärmegraden mehr geliefert hat als die entsprechende Hungerzersetzung, so bekommen wir im letzteren Falle den gesammten Ueberschuss an Wärme, der durch die Nahrungsaufnahme entstanden ist.

Wir setzen voraus, dass bei niederer Temperatur, ebenso wie man auch sieht, dieses Mehr an Wärme entstand, aber compensatorisch eingespart wurde, indem die sonstigen Zersetzungen auf regulatorischem Wege um ihr Maximum reducirt wurden. Dieses letztere ist aber wieder nichts anderes als die Differenz der Hungerzersetzung bei niederster Temperatur bis zum Grenzpunkte der chemischen Regulation.

Trifft meine Theorie das Richtige, so dürfen diese beiden Werthe nicht oder nur unwesentlich, jedenfalls aber nicht in dem Sinne ungleich sein, dass das Minimum der Einsparung nicht hinreicht, das Wärmeplus bei Nahrung zu decken.

Man findet in Serie II:

Einsparbar	86	— 54	Cal.	= 32	Cal. u.	Ueberschuss
der Wärmebildung	83	— 56	„	= 27	„ „	„

Bei Serie III:

Einsparbar	122	— 62	„	= 60	„ „	„
der Wärmebildung	82	— 62	„	= 20	„ „	„

Also es reicht dort, wo thatsächlich alle aus der specifisch dynamischen Wirkung abzuleitende Wärmemehrung gedeckt wurde, die auf regulatorischem Wege einsparbare Wärme thatsächlich hin, um diesen Effect zu erzielen. Die

Theorie steht demnach mit den beobachteten Thatsachen vollkommen im Einklang.

Somit ist die eine der gestellten Fragen experimentell erledigt.

Wir haben zum Vergleiche, wie wir bemerken wollen, nur die Versuche mit Fleisch benützt, weil diese die grösste specifische Wärmewirkung geben.

Die grossen Mengen einsparbarer Wärme lassen auch verstehen, warum man bei Fett und Kohlehydraten erst bei grossen Ueberschüssen Wirkungen findet.

Es kann für diese Fälle der einsparbare Wärmerest fast auf ein Minimum abgesunken sein und doch noch genügend erscheinen, die Wirkung der N-freien Stoffe zu compensiren.

Auf die Compensation muss natürlich auch die Art der Fütterung einen Einfluss haben, indem fractionirte Gaben vermuthlich leichter eingespart werden können, als die Hochfluth des Nahrungsstromes nach einmaligen Gaben.

Meine Untersuchungen beziehen sich fast ausnahmslos auf einmalige Fütterungen für den Tag, nur bei Störungen, wenn das Thier sich weigerte, die Nahrung zu nehmen, kam es — diese Fälle sind besonders vermerkt — dass eine zweimalige Nahrungsaufnahme stattfand.

Die Versuche über physikalische Regulation gefütterter Thiere, auf welche wir noch zu sprechen kommen, haben erwiesen, dass trotz eines gewissen Wärmezuwachses nach Nahrungszufuhr, den wir vom theoretischen Standpunkte als ein Zeichen der Muskelausschaltung ansehen müssen, gleichzeitig noch durch Erhöhung der Temperatur ein Paar Calorien eingespart werden können, also auch chemisch regulirt wird.

Dies ist, glaube ich, leicht zu erklären. Es kann vorkommen, dass die Nahrung nur für eine Reihe von Stunden durch ihre specifische Wärmebildung genügt, die compensatorische Ausschaltung der Muskeln herbeizuführen, dass aber nach Ablauf dieser Wirkung doch einige Stunden der ganzen Tagesperiode der chemischen Regulation noch verbleiben.

Die oben entwickelte Theorie der Nahrungswirkung, nach welcher also die Nahrung allemal und in jeden Mengen in bestimmten Theilen des Organismus einen vermehrten Energieumsatz hervorruft, der uns aber bei der Betrachtung des Gesammtkraftwechsels wegen einer compensatorischen Einsparung im Gebiete derjenigen Zellgruppen, die an der chemischen Wärmeregulation betheiligt sind, entgeht, hat damit ihre experimentelle Begründung auf einer etwas breiteren Basis, als ich ihr früher angedeihen lassen konnte, gefunden.

Inwieweit man die thermische Ausschaltung der Muskeln mit der Curarewirkung in Parallele stellen darf, lässt sich mit absoluter Bestimmtheit nicht sagen, ist aber schliesslich für unsere Betrachtungen auch gleichgiltig. Jedenfalls ist die Wärmeausschaltung dasjenige

Mittel, welches, wie wir bereits sagten, in einer physiologisch einwandfreien Weise die Muskelausschaltung besorgt. Natürlich müssen wir dabei mit einer unvermeidlichen geringen Fehlerquelle rechnen, mit den spontanen Bewegungen des Thieres, die ich nach meinen Erfahrungen an gut geschulten Hunden in dieser Richtung nicht hoch veranschlagen kann.

Die Compensationstheorie setzt voraus, dass die im Körper bei der Nahrungsaufnahme und Umsetzung entstehende Wärme in der Lage sei, eine Mehrproduction aus anderen Quellen zu hindern, das regulirende Princip des Organismus, welches nach dieser Auffassung, für die Vertretung der Nahrungsstoffe nach isodynamen Werthen Bedeutung hat, ist also die Wärmeregulation. Diese Anschauung ist eine sehr wichtige auch für die nachfolgenden Betrachtungen, weil hier die freie, verfügbar gewordene Wärme als Quelle für die Einsparung von Kräften im Organismus angenommen wird. Es wird also einer gewissen Menge von Wärme im Körper eine ähnliche Function zugewiesen, wie der von aussen auf den Körper wirkenden Wärme.

Die Nahrungsstoffe haben also neben ihrer Function in den Zellen durch die freigewordene Wärme eine Rückwirkung auf die Regulation. Die Grösse derselben ist der Ausdruck für ihre specifische Wärmeerregung.

Unter allen Umständen ist ein gefütterter Organismus, wenn man die Vertheilung der Wärme nach der Localität, wo sie entsteht und wie sie entsteht, vornehmen könnte, anders beschaffen als ein hungernder Organismus, wenn auch in beiden Fällen die äusseren Leistungen ganz die gleichen sein mögen.

Nachdem wir nachgewiesen haben, in welcher Art die Wirkung der Nahrungsstoffe durch regulatorische Vorgänge verdeckt wird, würde es auch möglich sein durch eine Versuchsanordnung, wie ich sie früher gewählt habe, die wahre specifische dynamische Wirkung der Nahrungsstoffe aufzufinden, wenn man in zwei Reihen ungleiche Nahrungsmengen verfüttert, deren kleinere bereits eine Ausschaltung der chemischen Wärmeregulation herbeiführt. Man könnte dann die Differenz der Nahrungszufuhr in rechnerische Beziehung zu dem Mehr der Wärme setzen, das beide Versuche ergeben. Aber man sieht ein, dass zwei ganz verschiedene Reihen kaum so exact übereinstimmen würden, wie man es für erforderlich halten müsste, um für die Differenzen der Nahrungsstoffe sicher die Wärmezuwächse zu finden.

Es müsste aber folgendes Ergebniss zu finden sein:

Die gesammte durch die Wärmeregulation compensirte Wärme (unbekannt = x, aber in beiden Fällen gleich) + dem Wärmeüberschuss über die Wärmebildung bei Hunger (a oder b) wäre = der ganzen durch die Nahrungsaufnahme bedingten Wärmemehrung. Wenn man aber sicher voraussetzt, dass diese Wärmemehrung eine constante

Grösse ist, bezogen auf den Calorienwerth der Zufuhr (A oder B), so hätte man zur Auffindung der compensirten Wärme x:

$$\frac{a + x}{A} = \frac{b + x}{B}$$

$$x = \frac{b\,A - a\,B}{B - A} = \text{compensatorische Einsparung.}$$

Setzen wir den Fall, es würden unter absolut den gleichen äusseren Bedingungen zwei Experimente in der Weise angestellt, dass jedesmal die chemische Wärmeregulation vor der Fütterung bestand, aber durch die Nahrungszufuhr ausgeschaltet wurde. Dann würden zwei verschiedene Experimente mit ungleich grossen Mengen Wärmeüberschüsse liefern, die bei der grossen Nahrungsmenge ungleich grösser wären als bei der kleineren.

Thatsächlich wäre in beiden Fällen gleich viel mehr an Wärme entstanden, aber durch die Wärmeregulation wäre in beiden Fällen ein grosser Theil der Wärme compensirt worden, in absoluter Zahl zwar die gleiche Menge, aber im Verhältnis zum Ueberschuss relativ eine verschiedene Menge.

Dieser Weg zur Berechnung wäre nur gegeben, wenn eine sehr erhebliche Anzahl von Parallelversuchen angestellt werden kann, nicht sehr erhebliche Abweichung eines Werthes beeinträchtigen das Gesammtresultat in erheblichem Masse. Ich hielt es nicht für aussichtsreich, auf diesem Wege zu endgiltigen und übersichtlichen Resultaten zu gelangen. Von den früher angestellten Versuchen eignen sich nur insoferne fast keine für die Berechnung, weil die Fütterungen mit grossen Ueberschüssen nur selten gelangen, und dann nicht immer unmittelbar oder in kurzen Intervallen solchen Vergleichsexperimenten folgten.

Dagegen kann man besser von den relativen Werthen der Gesammtergebnisse ausgehen. Ich verzichte hier auf eine solche Berechnung, da ihre Ergebnisse ohne die weiteren Versuche doch nicht genügend begründet erscheinen möchten. Jedenfalls aber ergeben diese rechnerischen Ueberlegungen einen neuen Anstoss zur weiteren Ausdehnung der Experimente, zumal sie zeigten, dass wir es bei den specifisch dynamischen Wirkungen mit wichtigen Fundamentalwerthen zu thun haben.

Alle späteren Experimente haben mir bewiesen, dass die Compensationstheorie allgemein anwendbar ist.

Es wird von grosser Wichtigkeit sein, bei den verschiedenen Thieren den Gang und die Grösse ihrer Wärmeregulation näher zu studiren. Ohne Kenntnis dieser Verhältnisse lässt sich eine Theorie der Ernährung gar nicht begründen.

Da man die Compensationstheorie, die ich schon vor 17 Jahren ausgesprochen habe, nicht beachtet hat, müht man sich vielfach auch vergebens ab, die Beziehungen des Stoffverbrauches an Thieren näher

zu verfolgen. Es ist jedem einleuchtend, dass ohne Kenntnis dieser von mir gefundenen Thatsachen in allen Experimenten ein unbekannter Factor mächtigster Art von echt individuellem und schwankendem Charakter hineinspielt.

Der einfache Weg, den wir später einschlagen wollen, besteht in der Eliminirung der chemischen Wärmeregulation durch hohe Lufttemperaturen und Durchführung der Ernährungsversuche unter diesen äusserst einfachen Versuchsbedingungen.

X. Capitel.

Die Nahrungszufuhr kann die chemische Regulation theilweise oder ganz aufheben.

Die in Capitel IX angeführten Versuche bieten eine ganze Reihe von Beispielen für eine Aenderung der Regulationsverhältnisse beim Warmblüter unter Einfluss der Nahrung.

Nach unserem früher aufgestellten Beweisprogramme gehört es zu den nothwendigen Voraussetzungen der Compensationstheorie, dass Aenderungen der Wärmeregulationserscheinungen eintreten müssen, wenn gewisse Mengen von Nahrung aufgenommen werden. Fliesst aus irgend welchen Quellen Wärme über die Menge der im Hungerzustande verbrauchten hinaus, so wird das Intervall der chemischen Regulation kleiner werden und schliesslich dieser ganze Regulationsact aufhören müssen.

Ich will es also auch unternehmen, in einigen, genau unserer Aufgabe angepassten Versuchen die Wirkung der Nahrung in dieser Hinsicht zu zeigen.

Wir treten an die zweite der gestellten Fragen heran.

Wenn die eingeführte Nahrung aus besonderen Gründen eine Steigerung der Zersetzung im Körper oder in besonderen Zellgebieten, welchen die Verarbeitung und weitere Vorbereitung des Nahrungsmateriales für die allgemeine Zellernährung nothwendig macht, erfordert, so muss man schliessen, dass diese aus inneren Gründen folgende Mehrzersetzung sich nicht durch den der Lufttemperatur zugänglichen Regulationsmechanismus beeinflussen lässt. Folglich muss die Wirkung des Wechsels der Luftwärme auf die Stoffzersetzung im gefütterten Thiere geringer sein als im hungernden.

Diese theoretischen Annahmen wurden durch die Experimente ausnahmslos von mir bestätigt und ich habe hierüber in einer vorläufigen Mittheilung schon vor langer Zeit berichtet.

Wir dürfen aber den Versuchen noch vorausschicken, dass, wie die specifische Wärmewirkung der Nahrung von der Masse des Eingeführten zu den Umsetzungen abhängig ist, auch die Wirkung der Nahrung auf die Wärmeregulation sich in verschiedenem Masse zeigen muss.

Drei Versuchsserien werden die besonderen Erscheinungen der Nahrungswirkung uns darthun.

Als Vorbedingung zu diesen Experimenten war nothwendig, die Wärmeregulation der zu den Versuchen zu benützenden Thiere im Hungerzustande zu prüfen.

Ich habe Thiere (Hunde), welche schon viele Jahre hindurch zu Respirationsuntersuchungen gedient haben, und welche mit grosser Vorliebe in dem Respirationsapparate sich aufhielten, zu solchen Versuchen benützt, in welchen ganz geringe Temperaturunterschiede ihren Einfluss ausübten. Die Thiere blieben jedesmal einen vollen Tag einer bestimmten Temperatur ausgesetzt und somit wurden die Fehler, welche in kurz dauernden Versuchen so leicht entstehen, vermindert. Ein jeder derselben präsentirt das Mittel von 144 zehn Minutenversuchen, wie sie sonst nicht selten angestellt werden.

a) Kleiner Hund.

4. bis 8. Mai 1885.

Nachdem ein kleiner, kurzhaariger Dachs zwei Tage je 200 *g* Fleisch erhalten hatte, hungerte derselbe vier Tage. Während dieser Zeit wurde die Zimmertemperatur etwas variirt und mittelst des Respirationsapparates die Kohlensäureausscheidung bestimmt und ausserdem die Grösse der N-Ausscheidung im Harn gemessen.

Tabelle 68.

4. bis 8. Mai 1885.

Nummer	Zufuhr	N im Harn pro Tag	N im Koth	Summe beider	C in der Respiration	C im Harn	C im Koth	Gesammt-C-Ausscheidung	Fett-C	Temperatur in Grad C.	Ventilation
1	Hunger	3·13	0·05	3 38	41·34	2·35	0·56	44·25	33·82	13·8	64.000
2	„	2·70	0·05	2·75	34·88	2·02	0·56	37·46	28·44	18·0	63.000
3	„	2·84	0·05	2·89	38·17	2·13	0·56	40·86	31·38	14·9	63.000
4	„	2·73	0·05	2·78	34·73	2·05	0·56	37·34	28·22	17·4	63.000

Tabelle 69.

Nummer	Temperatur in Grad C.	N ausgeschieden	Fett-C ausgeschieden	Wärme aus Eiweiss in Cal.	Wärme aus Fett in Cal.	Gesammt-Wärmeproduction	Körpergewicht in *kg*	Pro 1 *kg* Thierwärme in Cal.
1	13·8	3·38	33·82	84·5	415·9	500·4	6·36	78·68
2	18·0	2·75	28·44	68·7	349·8	418·5	6·24	67·06
3	14·9	2·89	31·38	72·2	386·0	458·2	6·13	74·74
4	17·4	2·78	28·22	69·5	347·1	416·6	5·97	69 78

Es zeigt sich, dass in der That kleine Temperaturunterschiede mit Sicherheit eine Aenderung der Wärmeproduction herbeiführen. Wenn man die Werthe mit steigender Temperatur ordnet, findet man:

Temperatur 13·8°, 78·68 Cal. pro 1 *kg* und 24 Stunden
„ 14·9°, 74·74 „ „ 1 *kg* „ 24 „
„ 17·4°, 69·78 „ „ 1 *kg* „ 24 „
„ 18·0°, 67·06 „ „ 1 *kg* „ 24 „

Bei 13·8° war es dem Hunde entschieden etwas kühl, bei genauer Beobachtung war die Haut gelegentlich bewegt, wie schwach zitternd. Eine Aenderung der Eigentemperatur war nicht zu erweisen, die Temperaturen waren:

Am 1. Hungertage . . . . . 38·75° C.
„ 2. „ . . . . . 38·70° „
„ 2. „ . . . . . 38·67° „
„ 3. „ . . . . . 38·75° „

Legt man zwei sich nahestehende Versuche zu einem Mittel zusammen, so hat man:

Bei 14·3° . . . . . 76·71 Cal.
„ 17·7° . . . . . 68·42 „

Demnach für das Steigen der Temperatur um 3·4° ein Sinken der Wärmebildung um 10·8% und für das Sinken der Temperatur um 3·4° ein Steigen der Wärmebildung um 12·1%, woraus folgt:
Wenn die Temperatur um 1° steigt, sinkt die Wärmebildung um 3·18%
„ „ „ „ 1° sinkt, steigt „ „ „ 3·56%

Die Unterschiede sind im Verhältniss zu den bei grösseren Temperaturintervallen, beim Meerschweinchen gemessenen, gross:

b) Grosser Hund.

13. bis 17. Mai 1885.

Ein grosser, kurzhaariger, 24 *kg* schwerer Hund wurde nach mässiger Kost vier Tage hungern gelassen und die Temperatur des Versuchsraumes variirt.

Tabelle 70.

13. bis 17. Mai 1885.

Nummer	Zufuhr	N im Harn pro Tag	N im Koth	Summe beider	C in der Respiration	C im Harn	C im Koth	Gesammt-C-Ausscheidung	Fett-C	Temperatur in Grad C.	Ventilation
1	Hunger	7·53	0·24	7·77	90·96	5·65	1·61	98·22	72·77	11·8	63.800
2	„	7·15	0·24	7·39	79·21	5·36	1·61	86·18	61·94	15·9	64.000
3	„	7·03	0·24	7·27	84·84	5·27	1·61	91·72	67·88	12·9	62.500
4	„	6·04	0·24	6·28	75·83	4·53	1·61	81·97	61·37	17·5	61.000

Die Temperaturschwankungen waren nicht bedeutend, 11·8 bis 17·5 = 5·9°.

Tabelle 71.

13. bis 17. Mai 1885.

Nummer	Temperatur in Grad C.	N ausgeschieden	Fett-C ausgeschieden	Wärme aus Eiweiss in Cal.	Wärme aus Fett in Cal.	Gesammt-Wärmeproduction	Körpergewicht in *kg*	Pro 1 *kg* Thier-Wärme in Cal.
1	11·8	7·77	72·77	194·2	895·1	1089·1	26·82	40·60
2	15·9	7·39	61 94	184·8	761·9	946·7	26·36	35·99
3	12·9	7·29	67·88	181·8	834·9	1016·7	25·98	39·13
4	17·5	6·28	61·37	157·0	754·8	911·8	25·60	35·22

Der Hund hielt sich durchaus ruhig. Von den Ausscheidungen mag erwähnt sein, dass an den kalten Tagen 212 cm^3, in den warmen 174 cm^3 Harn abgegeben wurde, bei gleicher Zufuhr in den beiden Perioden. Die Gesammtwärmebildung zeigt folgende Werthe:

Das Thier hat auf die Schwankungen der Temperatur aufs feinste reagirt. Ordnet man die Werthe nach der Höhe der Temperatur, so hat man:

Temperatur 11·8°, 40·60 Cal. pro 1 *kg* und Stunde
„ 12·9°, 39·13 „ „ 1 *kg* „ „
„ 15·9°, 35·99 „ „ 1 *kg* „ „
„ 17·5°, 35·32 „ „ 1 *kg* „ „

und wenn man benachbarte Temperaturen zu Mittelwerthen vereinigt, findet sich:

Bei 12·3° . . . . . 39·86 Cal.
„ 16·7° . . . . . 35·60 „

Für einen Temperaturunterschied von 4·4° eine Aenderung der Wärmebildung von 10·66° für steigende Lufttemperatur und von 11·9% für fallende Temperatur.

Daraus folgt:

Wenn die Temperatur um 1° steigt, sinkt die Wärmebildung um 2·42%;

wenn die Temperatur um 1° sinkt, steigt die Wärmebildung um 2·70%.

Die Werthe sind kleiner wie beim vorigen Thiere.[1])

Eine Aenderung der Eigentemperatur[2]) hat sich nicht nachweisen lassen.

---

[1]) Löst man diesen Mittelwerth auf in die einzelnen kleinen Temperaturintervalle, so würde sich berechnen:

Zwischen	11·8	bis	12·9°	für	1° Steigen	der Temp.	3·3 %	Sinken	der Wärmeprod.
					1° Sinken	„ „	3·68%	Steigen	„ „
Bei	12·9	„	15·9°	„	1° Steigen	„ „	2·66%	Sinken	„ „
					1° Sinken	„ „	2·90%	Steigen	„ „
„	15·9	„	17·5°	„	1° Steigen	„ „	1·36%	Sinken	„ „
					1° Sinken	„ „	1·38%	Steigen	„ „

[2]) Die Messung konnte 23 *cm* tief im Darme ausgeführt werden.

Sie war am:

1.	Hungertage	38·00⁰
2.	„	38·00⁰
3.	„	38·10⁰
4.	„	38·26⁰

Ich verweise im Uebrigen auf die anderen Temperaturmessungen bei übernährten Hunden, welche oben Seite 91 mitgetheilt worden sind.

Die Kohlensäureabgabe ändert sich ungemein schnell, wenn die Umgebungstemperatur schwankt, *Pembrey* fand, dass schon eine Minute der Einwirkung genügt, um die Kohlensäureausscheidung zu erhöhen oder zu vermindern.[1]) Derartige ungemein rasch erfolgende Aenderungen können aber wohl nicht mit Sicherheit als Processe, bei welcher der Chemismus sich geändert hat, gedeutet werden.

Es kann vielleicht sogar fraglich sein, ob die Thiere in sehr kurzen Zeiträumen allemal sofort mit einer chemischen Regulation einsetzen. Jedenfalls geschieht dies aber schon in Zeitperioden von weniger als einer Stunde oder zwei bis drei Stunden, wie *Colasantis* und *Finkler* sowie ich am Meerschweinchen direct beobachtet haben und bei den langdauernden Tagesversuchen haben wir mit Sicherheit die ganze Feinheit dieses Regulationsmechanismus zeigen können.

Unmittelbar anschliessend an den vorher genannten Versuch vom 13. bis 17. Mai erhielt der Hund eine für 15⁰ berechnete Kost, welche ihm um 51·4% mehr an Nahrung zuführte als er nothwendig hatte, um seinen Bedarf zu decken. Dabei ergaben sich dann folgende Werthe:

Tabelle 72.

17. bis 21. Mai 1885.

Nummer	Zufuhr	N im Harn pro Tag	N im Koth	Summe beider	C in der Respiration	C im Harn	C im Koth	Gesammt-C-Ausscheidung	Fett-C	Temperatur in Grad C.	Ventilation
1	1500 *g* Fleisch von 15⁰ C. .	45·72	0·74	46·46	115·89	27·89	4·95	148·73	+ (3·66)	13·9	60.000
2	1500 *g* Fleisch von 15⁰ C. .	46·09	0·74	46·83	120·60	28·11	4·95	153·66	0	19·3	61.000
3	1500 *g* Fleisch von 15⁰ C. .	48·77	0·74	49·51	126·38	29·78	4·95	161·11	+ (1·28)	13·01	62.000
4	1500 *g* Fleisch von 15⁰ C. .	48·13	0·74	48 87	127·60	29·34	4·95	161·89	1·60	20·2	62.000

[1]) Journ. of Physiology Bd. XV, p. 401, 1894.

Tabelle 73.

17. bis 21. Mai 1885.

Nummer	Temperatur in Grad C.	N ausgeschieden	Fett-C ausgeschieden	Wärme aus Eiweiss in Cal.	Wärme aus Fett in Cal.	Gesammt-Wärmeproduction	Körpergewicht in *kg*	Pro 1 *kg* Thier Wärme in Cal.
1	13·9	46·46	+ (3·66)	1208·0	— (37·7)	1170·8	25·47	45·98
2	19·3	46 83	—	1217·6	—	1217·6	25·61	47·54
3	13·0	49·51	+ (1·28)	1287·3	— (13·18)	1274·1	25·76	48·68
4	20·2	48·87	1·60	1270·6	+ 20·1	1290·7	25·90	49·83

Tabelle 74.

Hunger		Abundante Kost	
Temperatur in Grad C.	Wärme pro 1 *kg* in Cal.	Temperatur in Grad C.	Wärme pro 1 *kg* in Cal.
11·8	40·60	13·9	46·00
15·9	35 99	19 3	47·54
12·9	39·13	13·0	48·68
17·5	35 22	20·2	49·83

Die Eiweisszersetzung stieg unbeeinflusst von der Schwankung der Lufttemperatur, ebenso die Menge des in der Respiration ausgeschiedenen C, die Wärmebildung nimmt von Tag zu Tag zu, auch berechnet für die Einheit des Körpergewichtes. Die sonst beobachtete Wärmeregulation hat zu bestehen aufgehört.

Die Steigerung der Zersetzung an den Fütterungstagen hängt damit zusammen, dass der Hund sich nicht im Gleichgewichte mit dem Futter befand, sondern täglich noch Eiweiss am Körper zum Ansatz brachte, mit welchem Umstande unzweifelhaft die Mehrung der Wärmebildung zusammenhängt. Durch Reduction auf 1 *kg* Körpergewicht kann dieser Einfluss nicht abgeglichen werden.

Wir werden später diesen Fragen der steigenden Wärmebildung näher nachgehen. Hier lassen sich die Gründe noch nicht darstellen.

Einen Beweis, dass hier nur die Wirkung eines längere Zeit sich geltend machenden Nahrungsüberschusses vorliegt, gibt uns der nächste Versuch, bei dem ich diesen Einfluss eliminirt habe.

Eine zweite längere Versuchsreihe dient zur Ergänzung der ersten. Das Thier erhielt 910 *g* Fleisch, womit es sich meiner Rechnung nach sofort ins Gleichgewicht setzen sollte. Dies geschah auch, nach vier Tagen Fütterung folgten drei Hungertage.

Nach dieser Reihe unmittelbar nochmals ein Tag mit 900 *g* Fleisch, dann zwei Tage mit je 93 *g* Speck. Die Temperaturen wurden in der in nachstehender Tabelle angegebenen Weise variirt.

Tabelle 75.

17. bis 25. Juni 1885.

Nummer	Zufuhr	N im Harn pro Tag	N im Koth	Summe beider	C in der Respiration	C im Harn	C im Koth	Gesammt-C-Ausscheidung	Fett-C	Temperatur in Grad C.	Ventilation
1	910 *g* Fleisch, 100 *g* Wasser	29·47	0·45	29·92	100·30	17·98	3·04	121·32	23·18	19·5	58.000
2	910 *g* Fleisch, 100 *g* Wasser	30·94	0·45	31·39	100·39	18·87	3·04	122·30	19·34	23·7	58.800
3	910 *g* Fleisch, 100 *g* Wasser	31·18	0·45	31·63	99·16	19·02	3·04	121·22	17·47	18·2	59.540
4	910 *g* Fleisch, 100 *g* Wasser	31·02	0·45	31·97	99·22	19·22	3·04	121·48	16·62	24·8	58.692
6	Hunger, 70 *g* Knochen, 65 *g* Wasser	10·65	0·24	10·89	85·22	7·99	1·61	94·82	59·10	13·4	55.980
7	Hunger	5·42	0·24	5·66	71·17	4·06	1·61	76·84	58·28	19·5	59.340
8	„	5·27	0·24	5·51	61·45	3·95	1·61	67·01	48·94	27·4	59·799

Tabelle 76.

17. bis 25. Juni 1885.

Nummer	Temperatur in Grad C.	N ausgeschieden	Fett-C ausgeschieden	Wärme aus Eiweiss in Cal.	Wärme aus Fett in Cal.	Gesammt-Wärmeproduction	Körpergewicht in *kg*	Pro 1 *kg* Thier Wärme in Cal
1	19·5	29·92	23·18	777·92	285·11	1063·03	25·2	42·64
2	23·7	31·39	19·34	816·14	237·38	1054·02	25·2	41·83
3	18·2	31·63	17·47	821·60	214·88	1036·48	25·2	41·13
4	24·8	31·97	16·62	831·22	204·43	1035·65	25·2	41·10
6	13·4	10·89	59·10	272·25	726·93	999·18	24·8	39·65
7	19·5	5·66	58·28	141·50	716 84	858·34	24·4	35·10
8	27·4	5·51	48·94	138·00	601·96	739·96	24·0	30·82

Tabelle 77.

25. bis 28. Juni 1885.

Nummer	Zufuhr	N im Harn pro Tag	N im Koth	Summe beider	C in der Respiration	C im Harn	C im Koth	Gesammt-C-Ausscheidung	Fett-C	Temperatur in Grad C.	Ventilation
9	900 *g* Fleisch . .	25·64	0·45	26·09	90·26	15·90	3·04	109·20	22·63	20·6	60.073
10	93 *g* Speck . .	6·10	0·24	6·34	71·57	4·57	1·61	77·75	56·96	20·3	57.802
11	93 *g* „ . .	4·42	0·24	4·66	70·00	3·31	1·61	74·92	59·64	28·3	57.356

Tabelle 78.

Nummer	Temperatur in Grad C.	N ausgeschieden	Fett-C ausgeschieden	Wärme aus Eiweiss in Cal.	Wärme aus Fett in Cal.	Gesammt-Wärmeproduction	Körpergewicht in *kg*	Pro 1*kg* Thier-Wärme in Cal.
9	20·6	26·09	22·63	678·34	278·35	956·69	23·8	40·19
10	20·3	6·34	56·93	158·50	700·61	859·11	23·6	36·40
11	28·3	4·66	59·64	126·50	733·57	860·07	23·6	36·43

Bei Fleischzufuhr war trotz des Variirens der Temperatur die Wärmebildung ganz die gleiche geblieben, beim hungernden Thiere schwankte dieselbe mit der Lufttemperatur. Die Wiederholung der Fleischgabe gab die gleichen Werthe wie in Versuch 1 bis 4. Fett hatte eine weit geringere Wirkung auf die Wärmeproduction, etwas dieselbe steigernd gegenüber dem Hunger, daher blieb auch bei Erhöhung der Lufttemperatur auf 28·3° bei Fettzufuhr das Absinken der Wärmebildung aus. Es ist demnach auch für das Fett erwiesen, dass es die Regulationsweise geändert hat.

Ich hielt es für unnöthig, auch noch für Kohlehydrat die Experimente auszuführen; es handelt sich ja nur darum, die Grundzüge des Regulationsmechanismus zu erkennen und diese Bedürfnisse befriedigen die vorliegenden Experimente.

Die bisher mitgetheilten Versuchsreihen bewegen sich innerhalb mässiger Temperaturintervalle. Nachdem wir aber die mächtige wärmemehrende Wirkung der Nahrung kennen, ist nicht zu bezweifeln, dass bei grossen Ueberschüssen die chemische Regulation in viel weiteren Temperaturintervallen ausgeschaltet werden kann.

Auch dafür liegen die Beweise vor.

Der weitausgreifendste Versuch in dieser Richtung ist das oben erwähnte Experiment mit 320 *g* Fleisch, dabei hatte sich ergeben:

Bei	20°	74·1 Cal.
„	20°	78·8 „
„	30°	82·6 „
„	30°	83·4 „
„	15°	86·6 „
„	6°	89·8 „

Hier zeigt sich, dass auf einem Intervall von 6 bis 30° keine chemische Regulation mehr besteht, sondern nur noch die physikalische. Die Regelmässigkeit der Ergebnisse wird nur anscheinend etwas verdeckt durch die wachsende Wärmebildung, welche auf den zunehmenden Eiweissansatz zurückzuführen ist. Der Ansatz war hier mit Rücksicht auf die Kleinheit des Thieres sehr bedeutend, und der Ansatz bedeutet bei einem kleinen Thiere, da hier die Lebhaftigkeit des Stoffumsatzes sehr gross ist, mehr für das Anwachsen der Wärmebildung als bei einem grösseren Thiere.

Die Versuche beweisen das Bestehen der physikalischen Regulation neben der chemischen und zeigen uns das Princip, nach welchem der Körper von den beiden Mitteln zur Erhaltung der Temperatur Gebrauch macht. Der Organismus spart, so weit er kann, die durch die Nahrungszufuhr vermehrte Wärmebildung ein. Da die mittleren Jahrestemperaturen, auch die Tropen nicht ausgenommen, unter Blutwärme liegen, ergibt sich überall in der Thierwelt die Möglichkeit, nach diesem Principe des geringsten Stoffverbrauches zu leben und die Nahrung dem jeweiligen Bedürfniss anzupassen, ohne eine überschüssige und zwecklose Verschleuderung des Nährmateriales herbeizuführen.

Somit haben wir zwei wichtige Gesetze, welche den Stoffverbrauch bei verschiedener Temperatur reguliren, kennen gelernt. Ich habe mich seinerzeit darüber wie folgt ausgesprochen: [1])

„Das erste (Gesetz) zeigte uns, dass der Organismus der Warmblüter sich innerhalb der normalen Lebensgrenzen dem Wechsel der abkühlenden Bedingungen auf reflectorischem Wege durch Mehrung und Minderung der Wärmeregulation anpasst. Für jeden Körperzustand und jede Temperatur besteht eine ganz bestimmte Grösse des Wärmeverlustes, welcher der Organismus durch Wärmeregulation zustrebt und diese könnte man mit dem Namen „minimalster Wärmebedarf" bezeichnen. Es gibt kein Gesetz, welches mit grösserer Härte und Consequenz zur Durchführung gelangt. Auch der Hungernde, welcher von seinen eigenen Körperbestandtheilen lebt, kann sich ihm nicht entziehen; unerbittlich bis zur letzten Lebensstunde fordert es seine Rechte; in dem nämlichen Masse, in welchem die abkühlenden Momente den Körper treffen, wird die Zersetzung in seinem Inneren angefacht. Hat der Organismus seinen ganzen Vorrath an Körperfett verbrannt, dann muss das Eiweiss in genau nach Verbrennungswärmen gemessener Quantität die nöthige Wärme liefern. Kann der Organismus die Forderungen des Gesetzes nicht erfüllen, so gibt es keine weitere Möglichkeit der Existenz.

Ueberall und immer kehrt es wieder, facht die Lebensflamme der Jugend zu ungewohnter Energie an und lässt sie zusammensinken mit dem Altern; es vernichtet aber auch bei Nahrungsentziehung den jungen Organismus in Tagen, wenn dem Erwachsenen Wochen gegönnt sind.

Die zweite gesetzmässige Beziehung zwischen Lufttemperatur und den Organismen — die physikalische Regulation kann nirgends eintreten, wenn nicht dem ersten Gesetze Genüge geleistet ist; beträgt aber die Wärmeproduction mehr als dem minimalsten Wärmeverlust für die gegebene Temperatur entspricht, so bleibt innerhalb gewisser Grenzen die Wärmebildung unabhängig von der Lufttemperatur; sie

---

[1]) Biol. Gesetze, Marburg 1887.

mindert sich nicht beim Steigen der Lufttemperatur und mehrt sich erst, wenn durch vermehrte Abkühlung der Organismus dem Grenzwerthe der minimalsten Wärmeproduction sich nähert.

Bald werden wir von dem einen, bald von dem anderen Gesetze beherrscht, ohne dass uns die Veränderungen, welche an unserem Leibe sich einstellen, zum Bewusstsein kommen; nur ein Theil derselben wird als Kältegefühl oder als übermässige Hitze und durch den Ausbruch des Schweisses erkannt. Aber diese Empfindungen sind kein absoluter Massstab für die Temperatur oder für bestimmte Temperaturgrenzen; vielmehr ist die Beurtheilung ganz abhängig von den Körperzuständen. Für die Erhaltung der Art sind die beiden Empfindungen von Wärme und Kälte vollständig ausreichend; denn es kommt ja nur darauf an, die uns umgebenden Aenderungen der Lufttemperatur insoweit wahrzunehmen, dass Schädigungen des Organismus vermieden bleiben. Die Unrichtigkeit unserer Empfindung nach physikalischem Masse gefährdet aber die Existenz nicht; sie ist es, welche, insoferne sie bei verschiedenen unter denselben Temperaturverhältnissen befindlichen Menschen hervortritt, uns den Eindruck „der Individualität" macht. Aber das Alter, die Nahrungsaufnahme, die Verdauungsperiode sind eben zwar wechselnde Bedingungen, welche aber immer in bestimmter Weise ihren Einfluss äussern, unabhängig von der Individualität.

Die Wahrheit der Erkenntniss des Einflusses der Temperatur liegt, wie wir gesehen haben, in einer Gleichung mit mehreren Unbekannten verborgen, deren Lösung die Empirie, da die einzelnen Unbekannten, beziehungsweise mitwirkenden Factoren dem Bewusstsein des Individuums sich entziehen, nicht zu lösen vermag."

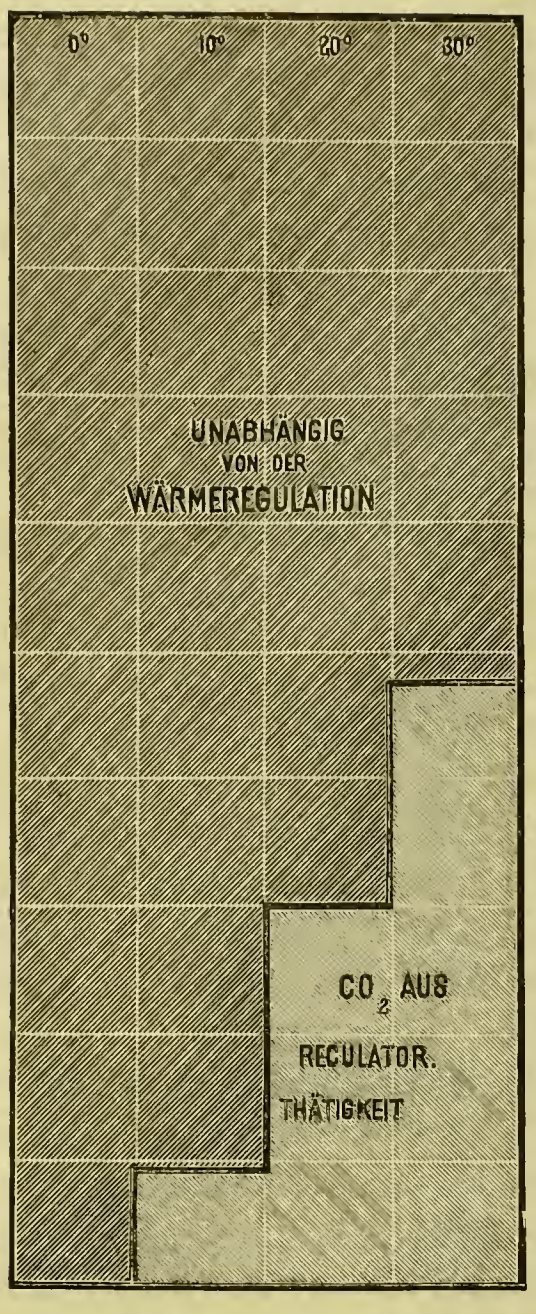
Mit dem Beweise der die chemische Regulation einschränkenden Wirkung der Nahrung haben wir der Compensationshypothese, wenn diese noch einer weiteren Stütze bedürfte, dieselbe gebracht.

Die Mehrung der Nahrung und die Folgezustände, die sich unmittelbar an die Zufuhr einer solchen anschliessen, werden also die Ursache, dass im Körper eine Arbeitsminderung der Muskeln platzgreifen kann.

Wo aber diese Wärmemehrung durch Nahrung eintritt, ist damit auch nicht zu erweisen, wenn schon die Blutvertheilung zwischen Muskeln und Drüsen immer zu Gunsten einer Mehrzersetzung in den letzteren sprechen wird; aber auch eine mehr generelle und auf andere Organe vertheilte Wärmebildung würde an sich kein Hinderniss für die Erklärung von Compensationswirkungen bieten können.

Durch den Zustand der physikalischen Regulation erklären sich viele, anscheinend früher für unrichtig gehaltene Versuchsergebnisse, bei denen trotz Variation der umgebenden Temperaturen keine Aenderung der respiratorischen Ausscheidungen gefunden wurde. Es

Fig. 3.



müsste demnach in der älteren Literatur zum mindesten scharf zwischen den Versuchen bei Hunger und bei Nahrungsaufnahme geschieden werden. Aber auch solche Experimente, bei denen nur zwei bestimmte extreme Temperaturen in ihrer Wirkung auf ein Thier verglichen wurden, können keinen Anspruch machen, ein richtiges Bild der Grösse der chemischen Regulation zu geben, da man ja gar nicht weiss, ob nicht die höhere Temperatur bereits in das Gebiet der physikalischen Regulation übergegriffen hatte.

Wir haben früher bei den hungernden Thieren gezeigt, wie viel bei verschiedenen Temperaturen an Wärmeproduction einzusparen ist; die analogen Verhältnisse bei Thieren, welche sich spontan mit Futter versehen haben, zeigen Experimente, die ich an Meerschweinchen angestellt habe.

Unter den speciellen Verhältnissen, dass Meerschweinchen bei 12 bis 15° Lufttemperatur ihre vorwiegend aus Kohlehydraten bestehende Nahrung aufnehmen, gelten folgende Zahlen:

Tabelle 79.

Bei	0°	entstammen	47·9%	CO_2	d.	Muskelapp.,	52·1%	d.	Drüsenapp.
„	10°	„	29·5%	CO_2	„	„	70·5%	„	„
„	20°	„	9·7%	CO_2	„	„	90·3%	„	„
„	30°	„	0 %	CO_2	„	„	100·0%	„	„

Obenstehende graphische Darstellung Fig. 3 gibt uns ein Bild für die Grösse der einsparbaren Energie beim Pflanzenfresser.

Die Nahrungszufuhr hat auch dort, wo sie sich also ganz ohne Einfluss auf die Gesammtwärmebildung zeigt, ihre besondere Wirkung in functionellem Sinne, indem sie latent einen Theil der Regulation ausgeschaltet hat. Der gefütterte Organismus und der hungernde können also trotz des gleichen Energieumsatzes innerlich sehr verschieden „arbeiten". Es wird sich dies in verschiedenen anderen Vorgängen, die wir nicht näher zu verfolgen haben, äussern, in der Art der Behaglichkeit, der Arbeitsbereitschaft und Lust zur Thätigkeit, der Art der Blutvertheilung u. s. w.

XI. Capitel.

Chemische Regulation bei gefütterten Thieren und niederer Temperatur. Einwirkung der Lufttemperatur auf die Eiweisszersetzung.

Durch die vorliegenden Versuche ist mit voller Bestimmtheit die Aenderung der Wärmeregulation im Fütterungszustande gegenüber den Verhältnissen des Hungernden erwiesen. Ja man könnte vielleicht zweifelhaft sein, ob und inwieweit im Fütterungszustande überhaupt die chemische Regulation platzgreifen wird.

Es hängt dies von mancherlei Umständen, unter anderen aber von der specifischen dynamischen Wirkung des gefütterten Materiales ab. Nehmen wir aber für die unteren Grenzen der Temperatur, die ich untersucht habe, (0 bis 5°) an, dass die Zufuhr eben ein Nahrungsgleichgewicht erzeuge, so lässt der Umstand, dass dabei gar keine wärmesteigernde Wirkung der Nahrung gegenüber dem Hungerzustande zu erweisen war, wohl vermuthen, dass nicht die gesammte auf regulatorischem Wege beanspruchte Wärmebildung durch die specifische dynamische Wirkung gedeckt war.

Dieser Umstand macht es daher von vorneherein wahrscheinlich, dass auch im Nahrungsgleichgewicht bei Variation der Temperatur die chemische Regulation eintreten kann. Für Fett wenigstens muss selbst für ein weiteres Temperaturintervall eine solche Wirkung zu finden sein. Zweifelhafter könnte man hinsichtlich der Eiweissnahrung sein, aber auch für diese habe ich gelegentlich doch noch bei mittleren Temperaturen, allerdings bei nicht völliger Deckung des Bedarfes, die wärmesteigernde Wirkung der Zufuhr vermisst.

Ein Theil der Kost besorgt also unzweifelhaft die Deckung des auf regulatorischem Wege erzwungenen Mehrbedarfes.

Wenn im Hungerzustande durch Erhöhung der Lufttemperatur die Zellen ihre Thätigkeit der Zersetzung herabmindern, so ist kein Grund einzusehen, warum nicht diese Wirkung sich auch auf die bei Nahrungszufuhr circulirende Ernährungsflüssigkeit äussern sollte. Denn der Ernährungsstrom an sich ist nicht der bestimmende für die Zersetzung, sondern der Bedarf der Zellen.

Wenn man sich vorstellt, dass bei niedriger Temperatur ein Thier mit seiner Kost im Kraftgleichgewichte sich befindet und die Temperatur steigt, so wird allerdings ein Theil der Kost überschüssig, allein es braucht deswegen, weil es sich eben hier zunächst nur um geringe Ueberschüsse handelt, keineswegs sofort eine den Energieumsatz steigernde Wirkung vorhanden zu sein, auch bei dem Eiweiss nicht, sondern der Ueberschuss kann wahrscheinlich im Ganzen dem Körper als Ansatz zugute kommen.

Die Berechtigung dieser zunächst nur theoretischen Anschauung lässt sich leicht durch das Experiment prüfen.

Immerhin muss es erwünscht sein, die bei einem mit Nahrung versehenen Thiere auftretende Regulationsweise doch noch näher kennen zu lernen. Die Richtung solcher Versuche ist nach meinen Erfahrungen klar vorgezeichnet; es muss angestrebt werden, bei niedrigen Temperaturen solche Experimente bei Nahrungszufuhr anzustellen. Hier liegen die Chancen, thermische Rückwirkungen zu finden, besonders günstig.

Ein paar Vorversuche ergaben mit voller Bestimmtheit, dass unter bestimmten Bedingungen, auch bei dem genährten Thiere schwankende Temperaturen den Stoffumsatz zu ändern vermögen und einen wichtigen Einfluss auf den Effect einer Fütterung ausüben. Ich habe, weil Eiweiss immer die prononcirtesten Verhältnisse darbietet, die Fleischzufuhr bei den Thieren gewählt.

Eine Versuchsreihe, welche leider am sechsten Versuchstage dadurch vorzeitig durch den Tod des Thieres abschloss, dass der Motor des Apparates Nachts stehen geblieben war, zeigt ein ganz entsprechendes Resultat.

Tabelle 80.

Nummer	Temperatur	Kost	Gewicht	CO_2 pro 24 Stunden	CO_2 pro 1 *kg*
1	0	0	7·7	193·9	25·2
2	10	0	8·2	166·6	20·3
3	0	375 *g* Fleisch	8·1	249·8	30·8
4	10	515 *g* „	8·0	239·0	29·9
5	0	640 *g* „	8·2	272·4	33·2

Der Hund sollte 640 *g* Fleisch täglich erhalten, was hinreichend gewesen wäre, seinen Stoffverbrauch bei 0^0 eben zu decken, frass aber leider an den beiden ersten Tagen nicht die ganze Masse. An allen drei Tagen setzte er offenbar Eiweiss in ziemlicher Menge an. Die Ergebnisse sind kurz folgende:

Temperatur	Hunger	Fleischzufuhr
0^0	25·2 CO_2	32·0 *g* CO_2 pro 1 *kg*
10^0	20·3 CO_2	29·9 *g* CO_2 „ 1 *kg*

Hier ist bei reichlicher Eiweissfütterung ein Einfluss der schwankenden Lufttemperatur nicht zu verkennen.

Gross ist der Einfluss der schwankenden Temperatur freilich nicht, aber er ist doch nachzuweisen, und auch schien mir dieser Versuch nach der Richtung einen Anhalt zu bieten, dass wir es beim gefütterten Thiere, vermuthlich unter geeigneten Umständen, d. h. bei niedriger Temperatur, mit einer abgeschwächten Wirkung der letzteren zu thun haben.

Viel überzeugendere Resultate gab eine zweite Reihe an dem Hunde (Fl.), der damals 4·7 *kg* wog und 275 *g* Fleisch erhielt, keine sehr reichliche Menge. Leider gingen durch einen unglücklichen Umstand die Harne verloren, so dass ich nur zunächst über die CO_2-Ausscheidung berichten kann.

Die 275 *g* Fleisch reichten hin, um bei hoher Temperatur das Bedürfniss zu decken.

Tabelle 81.

Nummer	Temperatur	Kost	Gewicht	CO_2 pro 24 Stunden	CO_2 pro 1 *kg*
1	11·2	0	4·74	153·6	32·4
2	2·8	0	4·57	170·4	37·3
3	12·8	275 *g* Fleisch	4·52	146·4	32·4
4	2·8	275 *g* „	4·49	192·0	42·8
5	1 5	275 *g* „	4·50	195·8	43·5
6	11·9	275 *g* „	4·50	160·8	35·7
7	12·8	275 *g* „	4·42	155·0	35·0
8	5·2	275 *g* „	4·42	176·6	40·0
9	5·3	0	4·32	146·9	34·0
10	29·8	0	4·20	88·4	21·0

Legt man die entsprechenden Zahlen der Kohlensäurewerthe zusammen zu Mittelwerthen, so erhält man folgendes Ergebniss:

Tabelle 82.

Temperatur	Hunger; pro 1 *kg* CO_2	Temperatur	Fleisch; pro 1 *kg* CO_2
3·0	35·6	3·2	42·1
11·2	32·4	12·6	34·7
29·8	21·0	—	—

Es wird hier also mit Bestimmtheit bewiesen, dass trotz der Fütterung und trotz Eiweisszufuhr die chemische Regulation zweifellos doch besteht. Der Unterschied liegt nur in der Höhe der angewandten Temperatur und in der kleineren Eiweissmenge gegenüber den anderen vorher angeführten Experimenten.

Da diese Vorversuche ein Resultat versprachen, wurden an dem Hunde (Fl.) die früher bereits in den Hauptzahlen mitgetheilten Experimente mit 275 *g* Fleisch und 550 *g* weitergeführt. Sie ergaben:

Temperatur	Bedarf[1])	Zufuhr 86·9 Cal. Cal. pro 1 *kg*	Temperatur	Bedarf	Zufuhr 173·8 Cal. Cal. pro 1 *kg*
5·3	121·3	121·9	4·2	128·0	133·5
15·0	98·7	96·1	14·5	100·9	110·9
21·0	70·7	83 7	21·9	70·7	101·0
30·6	61·9	81·7	30·8	62·6	117·2

Die Reihe mit 275 *g* Fleisch = 86·9 Cal. pro 1 *kg* zeigt von 21° abwärts mit absoluter Bestimmtheit, dass innerhalb dieses Temperaturintervalles das Thier chemisch regulirte, und die Fütterung innerhalb dieses Temperaturintervalles kein Hinderniss war, die Wärmeproduction einzuschränken. Die Nahrungszufuhr deckte zwischen 15 bis 22° den Bedarf, aber nicht darunter.

Die Versuche mit 550 *g* Fleisch fanden unter dem Einflusse einer Nahrungsmenge statt, welche auch für 0° absolut zureichend gewesen wäre und doch war hier sicher bei den niedrigen Temperaturen die chemische Regulation zu erweisen und reichte sogar über 14·5° noch etwas hinaus. Bei den über 22° gelegenen Temperaturen hat nur das hungernde, nicht aber das gefütterte Thier chemisch regulirt.

Die chemische Regulation vermag demnach eine wesentliche Sparung der Verbrennung auch bei überschüssiger Kost, doch nur bei niedriger Temperatur zu erzielen. Man darf dabei allerdings nicht vergessen, dass der „Ueberschuss" zu drei Viertel nur aus Fleisch besteht, sonst wäre die Wirkung desselben noch grösser gewesen.

Die Temperaturvariation wirkt im Sinne chemischer und physikalischer Reaction beim gefütterten Thiere offenbar nicht so scharf umgrenzt wie bei dem hungernden. Das letztere hat zu allen Tageszeiten gleiche Verhältnisse der Umsetzungen und der Wärmebildung. Nicht so das gefütterte Thier, welches in den Stunden nach der Nahrungsaufnahme die erheblichste Wärmeerzeugung aufweisen kann, während die späteren Stunden der Versuchstage mehr oder minder frei von dieser Ueberproduction an Wärme, welche die Begleiterscheinung und Ursache der physikalischen Regulirung zu sein pflegen, gefunden wird. Hieraus folgt mit Nothwendigkeit die Existenz allmählicher Uebergänge, d. h. Bestehen einer schon nachweisbar chemischen Wirkung neben einer grossen Ueberproduction an Wärme.

Man kann die Frage aufwerfen, ob das Thier in den drei Ernährungszuständen, Hunger, mässige, reichliche Fleischzufuhr, in gleicher Weise auf die Entziehung von Wärme reagirt.

---

[1]) = Hungerzersetzung.

Wir haben:

Bei Hunger das Temperaturintervall 5·1 bis 23·3 = 18·2°
„ mässiger Fleischgabe . . . . . 5·3 „ 21·0 = 15·7°
„ grosser „ . . . . . 4·2 „ 21·9 = 17·7°

und es beträgt die Steigerung an Wärmeproduction:

Bei Hunger . . . . . + 71·5% pro 1° Temperaturabnahme + 3·93%
„ mässiger Fleischgabe 45·6% „ 1° „ 2·96%
„ grosser „ 32·1% „ 1° „ 1·81%

Die Fütterung scheint demnach hier die Temperaturempfindlichkeit des Thieres stark herabzusetzen.

Nimmt man das Temperaturintervall 5 bis 15, so sind die entsprechenden Zahlen:

Bei Hunger . . . . . 5·1 bis 14·4 = 9·3° Differenz
„ mässiger Fleischgabe 5·3 „ 15·0 = 9·7° „
„ starker „ 4·2 „ 14·5 = 10·3° „

Die Mehrung des Wärmezuwachses bei sinkender Temperatur macht aus:

Bei Hunger . . . . . + 20·2% pro 1° Zuwachs um 2·20%
„ mässiger Fleischgabe + 26·0% „ 1° „ „ 2·68%
„ grosser „ + 20·4% „ 1° „ „ 1·98%

Diese Zahlen, welche durch eine genügende Anzahl von Bestimmungen gedeckt sind, würden darthun, dass die drei Werthe wenig oder mit Rücksicht auf die unvermeidlichen Fehler aller Thierexperimente gar nicht differiren, dass also, wenn einmal die abkühlende Wirkung der sinkenden Temperatur im Sinne der chemischen Regulirung sich stärker geltend macht, hungernde und gefütterte Thiere sich gleich verhalten. Wie schon erwähnt, ist der Uebergang der chemischen in die physikalische Regulation offenbar ein allmählicher.

Durch diese Versuche ist also sichergestellt, dass selbst, wenn durch die Eiweisszufuhr, der nothwendige Bedarf in der Nahrungszufuhr nicht überschritten wird, beim Thiere eine chemische Regulation platzgreifen kann. Wenn sich jedoch Fettreichthum, dichter Haarpelz bei einem Individuum finden, wäre es für die üblichen, in unserem Klima vorkommenden Intervalle wohl möglich, dass man dann überhaupt keine chemische Regulation zu sehen bekommt.

Bei Fettgaben prägt sich die sparende Wirkung bei steigender Temperatur weit mehr aus als beim Eiweiss (siehe Cap. 6), wie nicht anders zu erwarten ist.

Auch bei der Kohlehydratfütterung haben die Versuche am Meerschweinchen gezeigt, dass die Regulation auf chemischem Wege in weitem Temperaturintervalle erhalten sein kann.

Auch in dieser Frage sind zwischen den einzelnen Nahrungsstoffen keine principiellen, sondern nur Quantitätsunterschiede vorhanden und wir haben die Verhältnisse bei Eiweiss nur vorangestellt, weil sie die exceptionellsten Werthe geben und damit die maximalste

Wirksamkeit der die chemische Regulation hindernden Momente vor Augen führen.

Geht man von niederen Temperaturen und von dem Futtergleichgewichte des Thieres aus und steigt die Temperatur der Umgebung, so sinkt die Wärmebildung. Die Minderung der Zersetzung ist aber nicht gleich stark wie beim Hungernden und die Zersetzung erreicht niemals das Hungerminimum, sondern erreicht mit einem höheren Werthe früher einen O-Punkt, den ich kurzweg das Fütterungsminimum nennen will. Darüber hinaus liegt dann die Grenze der physikalischen Regulation.

Wir werden später auf die Bedeutung dieses Begriffes noch näher eingehen (siehe auch oben Cap. 5).

Wie viel sich auf diesem Wege beim gefütterten Thiere sparen lässt, hängt von den verschiedenartigsten Umständen ab, von dem Körperzustande, in dem Sinne, wie wir ihn früher mit Bezug auf diese Fragen definirt haben, von der Temperatur, der Art und Menge der Zufuhr. Daraus ist mit Bezug auf letztere klar, dass die Fettzufuhr andere Verhältnisse darbieten wird als die hier gewählte Eiweisszufuhr, welche mit Rücksicht auf die Einsparungsmöglichkeit am ungünstigsten sich verhält.

Hiermit würde die Frage, so weit sie die energetischen Verhältnisse betrifft, erledigt sein.

Wenn schon in dem vorliegenden Werke die rein stofflichen Fragen mehr oder minder beiseite gelassen wurden, um das gesetzte Ziel nicht erst auf grossen Umwegen zu erreichen, können wir ihnen nicht völlig aus dem Wege gehen, namentlich nicht an dieser Stelle.

Bei dem Mysticismus, mit dem man so gerne die Fragen der Eiweisszersetzung umwebt und bei der absonderlichen Stellung, welche man derselben immer wieder gibt, erscheint es mir nicht ohne Interesse und Bedeutung zu fragen, wie sich denn in diesen eben angeführten Experimenten, welche theilweise einer glatten Eiweisszersetzung entsprechen, die N-Zersetzung und der N-Ansatz etwa von der Temperatur abhängig erweist. Man ist so sehr geneigt, immer für den Eiweissumsatz Gesetze zu schmieden, die diesen Stoff ausserhalb der Einwirkung der zufälligen Einflüsse der Umgebung stellen sollen, oder ihn der allgemeinen Aufgabe der energetischen Ernährung entziehen wollen. Man hätte sich viele Controversen und Streitigkeiten aller Art sparen können, wenn man vorurtheilsfrei, das was wir seit Jahrzehnten über die Verschiedenheiten des Eiweissumsatzes bei fetten, mageren Thieren und betreffs des Hungerzustandes wissen, betrachtet hätte. Wie das Eiweiss ein Körper ist, der gelegentlich auch bei der Arbeitsleistung verbraucht wird, oder sie auch ganz übernimmt, oder endlich von den Umsetzungen ausgeschlossen erscheint, derart Aehnliches dürfen wir auch in Bezug auf die Wärmewirkung erwarten. Aber offenbar sind hier die Verhältnisse wieder complicirter als bei den Vorgängen hinsichtlich der Arbeitsleistung. Die Versuche,

welche wir im vorigen Capitel angeführt haben, würden nur den Satz rechtfertigen: Der Eiweissumsatz des Ruhenden ist von Wärme und Kälte unabhängig. Das ist aber nur ein Theilgesetz des Stoffwechsels; denn wir werden im Nachfolgenden beweisen, dass thermische Verhältnisse sehr wesentlich N-Umsatz und -Ansatz verändern.

Dass der Eiweissumsatz durch äussere Verhältnisse nicht so unberührt bleibt, dass vielmehr auch die Bedingungen seiner Zersetzung aus äusseren Gründen variabel sind, konnte man aus dem ungleichen Verhalten der Stoffzersetzung grosser und kleiner Thiere entnehmen.

Wenn Thiere durch Wachsthum ihre relative Oberfläche verkleinern, tritt die Eiweisssparung ganz bedeutungsvoll in den Vordergrund.

Die Relation zwischen Eiweiss und Fettverbrauch ist, gleichen Fettgehalt der Thiere vorausgesetzt, dieselbe, mag das absolute Gewicht der Thiere noch so verschieden sein.

Gelegentlich des Wachsthums und der mit ihm Hand in Hand gehenden Ungleichheiten der relativen Abkühlung erweist sich also unzweifelhaft der Eiweissumsatz thermisch beeinflusst.[1])

Aber kehren wir zu den Versuchen zurück, um festzustellen, ob denn nicht auch raschere Temperaturschwankungen auf den Eiweissumsatz Einfluss üben.

Man könnte in diesem Sinne eigentlich die Versuche an dem grossen Hunde (siehe oben S. 155) deuten, doch waren die angewandten Temperaturdifferenzen zu klein, als dass man hätte wagen können, einen bindenden Schluss zu ziehen.

Für den Hungerzustand können aber ausserdem die Versuche an Hund (Fl) herangezogen werden.

Die N-Ausscheidung betrug pro 1 *kg* im Mittel:

Bei	5°	1·56	und	der	Fett-Kohlenstoffverbrauch	6·69
„	15°	1·41	„	„	„	5·33
„	22°	1·25	„	„	„	3·27
„	31°	0·94	„	„	„	3·16

Die chemische Wärmeregulation wurde aber in ihren quantitativ wichtigsten Ausschlägen, von der Mehrung und Minderung der Fettzersetzung besorgt, wie man leicht ersehen kann.

Die Versuche mit Fleischfütterung sind schwieriger zu deuten, weil hier die allmähliche Einstellung in ein N-Gleichgewicht die Verhältnisse trübt. Bei 275 *g* Fleisch lässt sich für verschiedene Temperatur nicht beweisen, dass die Temperatur mit Bestimmtheit nicht nur die Fettzersetzung, sondern auch den Eiweissverbrauch geändert

---

[1]) Biol. Gesetze, S. 19.

hat. Bestimmter spricht dafür aber die Reihe mit 550 *g* Fleisch. Denn wir haben (für alle Werthe):

Bei	5°	5·02 *g*	N	pro	1 *kg*
„	15°	4·81 *g*	„	„	1 *kg*
„	22°	3·90 *g*	„	„	1 *kg*
„	30°	4·33 *g*	„	„	1 *kg*

Bei 30° war die Wärmebildung wieder im Steigen, man kann aber doch mit einer gewissen Berechtigung sagen, dass dort, wo die Wärme einen zersetzungsmindernden Einfluss übt, auch die Eiweisszersetzung geringer geworden ist, nebenbei zeigt sich aber, dass bei 18 und 22° ein Theil des C des Fleisches durch die steigende Lufttemperatur von der Zersetzung bewahrt wird.

Der N-freie Rest des Eiweisses wird also eher von der Wärmewirkung und einsparenden Einflüssen berührt als der N-haltige Antheil.

Dieser Vorgang erinnert an einen anderen; bei einem grossen Hunde war durch überreichliche Kost desselben absoluter Grösse (2000 *g* Fleisch) im schlecht genährten Zustande des Thieres wohl das Eiweiss in den N-haltigen und N-freien Theil gespalten worden, aber ein erheblicher Theil des N-freien Theiles umgesetzt liegen geblieben.

Die Gesetze der N-Ausscheidung und der völligen Zersetzung des Eiweisses sind also Processe, die nicht gleichzeitig verlaufen.

Die Frage, ob man also durch regulatorische Einflüsse auch die Eiweissspaltung völlig hemmen kann, hat daher weiteres Interesse. Ich habe daher nochmals eine längere Reihe an dem Thiere (Fl) angestellt.

Der Hund sollte so viel an Zufuhr erhalten, als bei 4 bis 5° nothwendig war, um das Gleichgewicht herzustellen. Merkwürdigerweise aber frass er statt etwa 550 bis 560 *g* Fleisch nur 530 *g*, so dass diese Menge für die Zukunft beibehalten wurde. Am dritten Tage verweigerte er die Fleischaufnahme bis auf 235 *g*, an den folgenden Tagen blieb er mit der Ration von 530 *g* Fleisch. Die Temperatur wechselte an den Versuchstagen und sollte so gewählt werden, dass nach Massgabe der früheren Versuche nur jenes Temperaturgebiet, innerhalb welchem er chemisch regulirte, in Betracht kam. Die Temperaturen wären 5 bis 25° gewesen, wir haben sie mit kleinen Differenzen auch einhalten können. Auf die Regulirung der relativen Feuchtigkeit haben wir verzichtet, bei niederer Temperatur war die Luft also mit Wasserdampf gesättigt. Bei hohen Temperaturen etwa von halber Sättigung. Die Zahlen enthält die folgende Tabelle.

Tabelle 83.

3. bis 10. Juni 1901.

Kost frisch [1]	Temperatur	N im Harn	N im Koth	Summe	C-Respiration	C im Harn	C im Koth	Summe des C	Fett-C	Calorien aus Eiweiss	Calorien aus Fett	Summe	Cal. pro 1 *kg*
530	9·4	14·88	1·10	15·98	52·22	9·08	1·68	62·98	10·57	416·0	141·7	557·7	105 6
530	30·5	11·45	1·10	12·55	46·47	6·98	1·68	55·13	13·97	326·8	171·8	498·6	94·4
(235)	7·5	11·82	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
530	28·0	12·15	1·10	13·25	42·02	7·41	1·68	51·11	7·65	344·5	94·1	438·6	84·3
530	5·2	18·45	1·10	19·55	55·36	11·29	1·68	68·33	4·22	508 8	51·9	560·7	107·8
530	26·4	16·20	1·10	17·30	43·19	11·08	1·68	55·95	(— 0·79)	449·8	(— 8·1)	441·7	80·6
530	4·9	17·00	1·10	18·10	59·14	10·37	1·68	70·19	10·82	471·0	133·1	604·1	110·4

Was die Wärmebildung anbelangt, so ergibt sich Folgendes:

Temperatur	Calorien pro 1 *kg*	Temperatur	Calorien pro 1 *kg*
9·4	105·6	30·5	94·4
5·2	107·8	28·0	84·3
4·9	110·4	26·4	80·6
Mittel 6·5	107·9	28·3	86·4

Die Versuche beweisen, dass durch eine Temperaturdifferenz von 21·8° im Mittel, und zwar von 6·5° aufwärts, bestimmt eine chemische Regulation zu erweisen ist. Und bei den niederen Temperaturen entspricht trotz der kleinen Intervalle eine niedere Temperatur einer höheren Wärmebildung. Bei den höheren Temperaturen sehen wir die umgekehrten Verhältnisse, zwischen 26·4 bis 30·5° nimmt mit der Temperatur die Wärmebildung zu, völlig entsprechend meinen früheren Befunden am selben Thiere. Das Fütterungsminimum ist bei 26° erreicht und die Wärmebildung steigt dann langsam weiter. Legen wir auf kleine Differenzen keinen Werth, sondern nehmen wir die Mittelzahlen, dann stieg bei 1° Sinken der Temperatur (21·8° Differenz = = + 24·8%) die Wärmebildung um 1·1%. Also um wenig gegenüber der sonstigen Wirkung an demselben Thiere im Hungerzustande (siehe oben).

Die hohe Temperatur hat sich in erster Linie darin geäussert, dass die Fettzersetzung, so weit sie noch bestand, variirte. Denn diese war in absoluter Zahl:

---

[1]) Wasser nahm das Thier am dritten Tage 250 cm^3
fünften „ 350 cm^3
sechsten „ 50 cm^3
siebenten „ 70 cm^3
sonst keines.

	Kalt	Warm
	141·7	171·8
	51·9	94·1
	133·1	— 8·1
Mittel 6·5°	108·9	85·9

Daneben aber haben Kälte und Wärme wesentlich auf die Eiweisszersetzung eingewirkt. Denn die absoluten Zahlen waren für den N-Umsatz:

	Kalt	Warm
	15·98	11·45
	18·45	12·15
	17·00	16·20
Mittel 6·5°	17·14	13·27

Das Thier stellte sich offenbar allmählich ins Gleichgewicht, wurde aber in diesem Vorgange durch die wechselnden Temperaturen wesentlich beeinflusst.

Schon am ersten Tage war der Umsatz nicht sehr weit von einem Gleichgewichte. Der Verbrauch sank aber gleich am nächsten Tage. Am vierten Tage erreichte nach der ungenügenden Fleischfütterung vom dritten Tage die N-Ausscheidung nicht ganz den Werth des ersten Tages, am fünften Tage war das Thier bei niederer Temperatur im Gleichgewichte, am nächsten Tage wurde wieder reichlicher angesetzt und am siebenten Tage wurde wieder eine Mehrung der N-Ausscheidung constatirt. Da der Harn aus der Blase ausgespült wurde, müssen die gefundenen Werthe dem Umsatze entsprechen. Vergleicht man die Relation, in welcher mit Sinken der Temperatur eine Aenderung der Wärmebildung, der Fettzersetzung und der Eiweisszersetzung Hand in Hand ging, so ergibt sich für 1° Abnahme der Temperatur eine Aenderung der:

Wärmebildung um	1·1 %
Fettzersetzung um	1·07 %
Eiweisszersetzung um . .	1·32 %

Wir sehen also, dass an der Zersetzung Eiweiss und Fett in ähnlichen Relationen theilnehmen, offenbar deshalb, weil eben das circulirende Nahrungsmaterial aus Eiweiss und etwas Fett bestehen je nach Bedarf herangezogen wird, ohne dass gerade ein einzelner Nahrungsstoff allein vor anderen bevorzugt würde.[1])

Die Eiweisszersetzung kann demnach unter Umständen nur dann einem sicheren und exacten Studium unterzogen werden, wenn die Temperaturen, welchen die Thiere unterworfen werden, genügend genau gleich erhalten werden und bekannt sind.

---

[1]) Fettzersetzung steigt um . . . 23·3 %
Eiweisszersetzung steigt um . 28·8 %
Wärmebildung steigt um . . . 24·8 %.

Die Grösse des Eiweissansatzes ist schwankend mit der Temperatur und der Schnelligkeit des zu erzielenden N-Gleichgewichtes.

Da man diesen Einfluss der Temperatur früher nicht kannte, so sind sicher manche Ergebnisse von Stoffwechselversuchen an Fleischfressern durch diese Nichtbeachtung thermischer Verhältnisse mehr oder minder beeinflusst worden.

Von dem Eiweiss kann offenbar nur ein Theil durch die Aenderung der Nahrungsbedürfnisse der Zellen der Verbrennung entzogen werden, jener Theil, der beim chemisch regulirenden Thiere nach unserer heutigen Auffassung in den Muskelzellen zur Befriedigung des durch thermische Reize angeregten Organes dient. Weiter als auf diesen Antheil erstrecken sich beim ruhenden Thiere die äusseren Einflüsse nicht.

Daraus ergibt sich, dass Einwirkung von Wärme bis zu einem gewissen Grade den Ansatz von N begünstigen kann. Der den Ansatz fördernde Einfluss desselben erstreckt sich also nicht allein auf Fett und Kohlehydrate.

Bezüglich des Ortes, wo die Zerlegung des Eiweisses eintritt, könnte man aus den Ergebnissen die Stütze entnehmen, dass auch die Muskeln primär zu jenen Organen gehören, in welchen das Eiweiss der Nahrung gespalten wird.

Einen ähnlichen Versuch, betreffend die Beeinflussung des Eiweissumsatzes durch wechselnde Temperatur haben *Erwin Voit* und *Krumacher*[1]) ausgeführt. Ein Hund von 16 *kg* Gewicht erhielt so viel Eiweiss, dass dasselbe 36·4 *g* N entsprach. Dabei wurde ab und zu die Umgebungstemperatur geändert und gefunden:

Temperatur	N-Umsatz
19·8	30·2
6·6	33·6
20·1	32·7
4·3	33·7

Der Einfluss ist unzweifelhaft ausgeprägt, wenn auch die sonstige Zersetzung des Hundes nicht näher bestimmt worden zu sein scheint, so dass nach anderer Richtung ein Vergleich mit meinen Ergebnissen nicht möglich ist.

Das Eiweiss bleibt also von thermischen Einflüssen in seiner Zersetzung nicht unberührt, aber wie ich auf Grund meiner Versuche betonen möchte, gilt diese Beeinflussung zweifellos nur für das Gebiet der chemischen Regulation, sicher nicht für den Umfang der physikalischen Regulation. Ich glaube aber Grund zur Annahme zu haben, dass zu den Fällen ausgeprägter specifisch dynamischer Wirkungen, welche eine Ueberwärmung in üblichem Sinne nicht darstellen, auch der Eiweissumsatz wieder vermehrt wird, doch wären diese Verhältnisse, die ausser dem Rahmen meiner Aufgabe liegen, wohl erst noch eingehender zu untersuchen.

[1]) Sitzungsber. d. Ges. f. Morph. u. Physiol. München 1896. Heft III.

XII. Capitel.

Chemische und physikalische Wärmeregulation in ihrer Bedeutung für den Kraftwechsel der Thiere wechselnder Grösse und wechselnden Alters.

Ich habe zuerst nachgewiesen, dass die Wärmebildung bei Hunden, welche annähernd gleiche Fettpolster haben, kurzhaarig waren, im Ruhe- und im Hungerzustande sich befanden, direct proportional ihrer Körperoberfläche ist. Die Erklärung, welche ich mir nach dem damaligen Stande des Wissens hinsichtlich dieser Beziehungen machte, war die, dass grosse und kleine Hunde nicht deswegen ungleichen Wärmewechsel zeigen, weil ihre Zellen an sich eine verschiedene Organisation besitzen, sondern weil die von der Haut ausgehenden, durch die Abkühlung bedingten Impulse die Zellen verschieden zur Thätigkeit anregen.[1])

Ich habe die Thiere damals nur bei Stubentemperatur untersucht; wie sie sich bei höherer Lufttemperatur verhalten, war nicht bekannt. Ebenso waren die eigenartigen Verhältnisse einer physikalischen Wärmeregulation noch nicht aufgedeckt.

Man stand noch unter dem Eindrucke der damals erst seit Kürze bekannten und wie ich früher zeigen konnte, in ihrer allgemeinen Anwendbarkeit auf alle Species der Warmblüter überschätzten chemischen Wärmeregulirung.

Der Kernpunkt der Anschauung lag in der Annahme, dass die wärmeregulatorischen Impulse nicht nur bei dem Erwachsenen unter wechselnden Aussenbedingungen, sondern in der Verschiedenheit der Grösse bei verschiedenen Species und endlich im Wachsthumsprocess selbst zum Ausdruck kommen müssten.

Dabei bleibt zunächst ganz ausser Betracht, wie gross diese auf chemisch-wärmeregulatorischem Wege erzeugte Wärmemenge ist. Die gesammte Zellleistung muss eben dieser Anforderung entsprechen und man kann es natürlich naheliegend finden, dass ein Theil der Zellleistung gewissermassen stationär war, nämlich innerhalb der Grenzen,

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. XIX, p. 548.

innerhalb welcher niemals eine Entlastung eintritt, auch wenn die thermischen äusseren Einflüsse auf ein Minimum herabsinken.

In jedem Thiere, ob gross oder klein, jung oder alt, müsste sich eine grosse Summe von Lebensarbeit finden, die zu keiner Zeit durch regulatorische Impulse herabgesetzt werden konnte. Nur ein Theil aller Arbeit war functionell der chemischen Regulation unterworfen, so weit diese eben unter natürlichen klimatischen Verhältnissen unter die nöthigen Einflüsse äusserer Reize gerathen konnte.

Es ist unzweifelhaft richtig, in der Möglichkeit der chemischen Wärmeregulation eine wichtige und bedeutungsvolle Schutzeinrichtung der Warmblüter zu sehen, mit der er ausgerüstet, und auf welche seine Organisation eingerichtet sein muss, wenn er wirklich den an seinen Körper von der Aussenwelt gestellten Anforderungen immer genügen soll.

Die chemische Regulation hat aber ihre verhältnissmässig eng nach oben hin gesteckten Grenzen. Ich habe zuerst die Grenzen derselben näher bestimmt, auch unter günstigsten Verhältnissen endet sie mehrere Grade unter der Bluttemperatur.

Sie endet, indem sie den weiteren Abgleich der Wärme der Blutcirculation, der Wasserdampfung überlässt und nicht mit einem Schlage, sondern das Wachsen beider kündet bei steigender Temperatur die Veränderung der Regulationsmechanismen an. Sie endet manchmal weit unter Bluttemperatur, manchmal näher derselben, sie endet endlich, ohne dass man bei verschiedenen Thieren und bei verschieden grossen Thieren derselben Species Unterschiede findet, thermometrisch betrachtet, bei den nämlichen Temperaturgraden.

Dies ist zuerst durch meine Versuche nachgewiesen worden, welche gezeigt haben, dass beim Meerschweinchen im Zustande völliger Ausschaltung der chemischen Regulation die Thiere sich in ihrer Lebensintensität ebenso ordnen, wie bei niederer Temperatur, d. h. dass auf 1 m^3 Oberfläche dieselbe Wärmemenge trifft.[1])

Diesen Beobachtungen könnte man jetzt noch die des Menschen anfügen, der nach meinen Versuchen sich ängstlich innerhalb der physikalischen Regulation zu halten bestrebt ist und gleichfalls in seiner Wärmeentwickelung bei verschiedener Grösse dem Gesetze der Oberflächenentwickelung folgt.[2])

Zunächst kann darin nicht viel Auffälliges gefunden werden, denn schliesslich ist kein Grund einzusehen, warum nicht eine der Oberfläche entsprechende Oxydationsgrösse resultiren sollte, da doch die abkühlenden Verhältnisse Temperatur und Luft, Hauttemperaturen bei grossen und kleinen Thieren in analoger Weise die Wärmebildung anfachen müssen, also in eben dieser Weise allmählich entlasten und

---

[1]) Biol. Gesetz p. 18.

[2]) Rubner, Beitrag zur Ernährung im Knabenalter. Berlin 1902.

ein Theil der Arbeit unter keinerlei Lebensbedingungen unter eine bestimmte Grenze fallen kann, da Athmung, Kreislauf, unvermeidliche Bewegungen u. s. w. bestimmte Ansprüche stellen, die sofort wieder auf die frühere Grösse sich einstellen müssen, wenn die Temperaturverhältnisse sinken. Die Zersetzungen im Zustande der physikalischen Regulation bedeuten in gewissem Sinne eine Arbeitsbereitschaft für die Bedürfnisse der chemischen Regulation.

Beim Wachsthum der Thiere, die mit steigender Grösse immer mehr an lebhafter Thätigkeit (pro 1 *kg* betrachtet) einbüssen, sinken mit der relativen Abnahme der Oberfläche auch die Impulse für die Mehrzersetzung und schrittweise auch das Bedürfniss nach einer solchen, und diesem neuen geringeren Bedürfniss im grösseren Thiere passt sich Darm, Lunge, Blutgefässsystem naturgemäss an.

Ein gewisses Minimum an Leistung hinterbleibt also nach Ausschluss der chemischen Regulation in jedem Warmblüter, es muss in einem bestimmten Verhältniss zur maximalsten Leistung bei der chemischen Regulation stehen; denn es muss die Zersetzung im Gebiete der physikalischen Regulation ohne Unregelmässigkeit und ohne Sprünge in die Leistungen der chemischen Regulation hinüberführen.

Das Protoplasma verschieden grosser Thiere ist also keine Einheit in dem Sinne, dass dasselbe in seinen Lebenseigenschaften identisch und seine Wärmeproduction nur von dem Grade der Erwärmung, d. h. der Leibestemperatur abhängig wäre.

Wir haben es bei gross und klein, jung und alt mit ungleich lebhaft, die Zersetzung leitenden Materien zu thun.

Mit der „Abkühlungstheorie" ist also jedenfalls vollkommen vereinbar, dass die Wärmebildung grosser und kleiner Thiere sich im Gebiete der physikalischen Regulation wie die relativen Oberflächen verhält. Sie ist auch dort, wo die Kühle nicht mehr wirken kann, doch ein Product der Wirkung der abkühlenden Verhältnisse, die zu anderen Zeiten gewirkt haben.

Die Zersetzungsgrösse eines kleinen Thieres kann unter dem Einflusse steigender Luftwärme nicht erst da Halt machen in ihrer relativen Intensität, wo unter gleichen Verhältnissen die Zellen der ausgewachsenen Thiere ihre Begrenzung der Wärmebildung finden, weil, wie gesagt, der ganze Organbau des kleinen Thieres auf seine besonderen Verhältnisse zugeschnitten ist.

Aber es wäre ganz unrichtig, wenn man, wie dies in der Literatur mehrfach geschehen ist, nur die Accommodation an den durch die Oberflächenentwickelung gegebenen Wärmeverlust als ein solches Organisationsprincip auffassen wollte. Die Wirkung der chemischen Regulation ist nur die eine Seite der Frage, nur der eine, allerdings überall mitsprechende und für die meisten Wärmeblüter wichtigste Factor, aber nicht der einzige und ausschliessliche.

Wir haben im Warmblüter zwei Regulationen, die unabhängig und getrennt arbeiten, die Regulation gegen abnorme

Wärmeverluste und die Regulation gegen abnormen Wärmezuwachs. Die letztere, die physikalische Regulation ist gleichfalls, wenn es sich bei ihr auch nicht mehr um Abkühlung handelt, trotzdem in ihren Leistungen von der relativen Oberfläche abhängig. Für die Wärmeproduction würden durch beliebig grosse Oberflächenentwickelung des Körpers natürlich auch ganz ungleiche und offenbar organisationswidrige Verhältnisse sich ausbilden, die mit der Erhaltung einer Normaltemperatur und der normalen Lebensgrenzen für Warmblüter nicht vereinbar wären.

Betrachten wir die Verhältnisse beim wachsenden Thiere, so zeigt die Untersuchung, dass pro 1 *kg* Lebendgewicht allmählich die Wärmeproduction abnimmt. Die lebhafteste Thätigkeit haben die jugendlichen Zellen; da aber die „erwachsenen" Zellen aus den Jugendzuständen in unmittelbarer Reihenfolge hervorgehen, so ist diese relative Lebensintensität etwas Erworbenes — wenn man von Vererbung vorläufig absieht.

Nehmen wir aber an, ein solch jungendlicher Organismus würde ganz unter den Bedingungen der physikalischen Regulation aufgezogen, würde dann nicht auch mit der Abnahme der relativen Oberfläche eine Minderung der Zersetzungsintensität eintreten müssen?

Eine Zellmasse, wie die eines Kindes, das mit 90 Cal. pro 1 *kg* als Wärmeproduction ins Leben tritt, würde in die Haut eines Erwachsenen, die ja nur für weit kleinere Wärmemengen normale Verhältnisse der Wärmeabfuhr zeigt, nicht hineinpassen.

Das müsste entweder zu einer Ueberwärmung im Sinne des Steigens der Körpertemperatur führen, oder ein solcher Organismus müsste eine ganz enorme anderweitige Ausbildung der physikalischen Entwärmungsmittel des Körpers zeigen, für deren Durchbildung in der Natur aber offenbar auch gewisse Grenzen bestehen, weil das Universalmittel, die Wasserverdunstung, selbst bei Ueberfluthung der ganzen Oberfläche mit Wasser in der physikalischen Möglichkeit der Verdunstung seine Grenzen hat.

Die Zellen müssen sich also allmählich den neuen Bedürfnissen accommodiren. Würde ein solches Thier auch dauernd bei hoher Temperatur gehalten ausserhalb der Gebiete der chemischen Regulation, so würde das Thier ausgewachsen sich doch nur so gestalten können, dass seine Wärmeproduction so weit herabgedrückt wird, um nicht durch eine Wärmestauung, die mit Zunahme der Grösse wegen Verringerung der Möglichkeit der Wärmeabgabe bedrohlicher wird, das Leben zu gefährden. Man sieht demnach, dass auch die Verhältnisse der physikalischen Regulation und nicht allein der „Wärmeverlust" dem Organisationsgesetze zusteuert, dass die Wärmeproduction in Beziehung zur Oberflächenentwickelung stehen muss. Man hat diesem Gedankengange offenbar gar keine Bedeutung beigelegt, sonst hätte man nicht aus der wenig hervortretenden chemischen Regulation den Schluss ziehen können, die Wärmebildung habe beim Menschen nichts mit seiner Oberflächenentwickelung zu thun.

Der minimalste Stoffwechsel ist also bei den Thieren in seiner Intensität offenbar allgemein den Verhältnissen der Oberflächenentwickelung angepasst und gerade diese allmähliche Ausbildung der minderen Lebensintensität des erwachsenen Organismus führt uns mit Nothwendigkeit dahin, auch in den Einrichtungen der physikalischen Regulation ein Princip zu suchen, welches mit der Oberflächenentwickelung des Thieres einen ganz innigen Zusammenhang aufweist.

Es scheint mir aber nicht unzweckmässig, die Rückwirkung der physikalischen Regulation auf die Organisation der Thiere doch noch etwas eingehender zu behandeln.

Es wäre, wie gesagt, sehr irrig, die Vorgänge des Kraftwechsels bei verschiedenen Thieren immer nur unter dem Gesichtspunkte der chemischen Regulation, d. h. des Wärmeverlustes zu betrachten.

Wenn wir verschiedene Thiere derselben Species unter steigende Lufttemperatur bringen, so vermindern wir zunächst die Wärmebildung, und zwar besitzt diese als Curve gedacht, bei vergleichbaren Umständen denselben Verlauf, die Menge der einsparbaren Wärme ist in Procent dieselbe und die Relationen im Wärmeverbrauche verschiedener Thiere müssen in jedem Punkte dieser Curven dieselben sein. So kann sich also die Wärmeproduction nicht sprungweise ändern, wenn wir die Grenzen der chemischen Regulation überschritten haben.

Von hier ab bleibt zunächst die Oxydation bei Thieren verschiedener Grösse dieselbe und wir haben keine Beweise und Anzeichen für eine Aenderung dieser Verhältnisse innerhalb eines beträchtlichen Temperaturintervalls. Dieses Minimum des Hungerstoffwechsels findet offenbar seine Erklärung in dem Ablaufe einer Reihe nothwendiger Lebensfunctionen, kleinen Arbeitsleistungen, Herzarbeit, Athmungsthätigkeit, die ihrerseits den eigenartigen Verhältnissen jedes Thieres angepasst sein müssen, da in jedem Momente dieselben wieder im Sinne der chemischen Regulation zur Thätigkeit gerufen werden können. Die Muskeln müssen für sofortige Thätigkeit bereit sein. Das kleine Thier ist freilich keine sehr zweckmässige Maschine, da es immer mit einem grossen Mehraufwande (per 1 *kg*) arbeitet; die Organisation lässt aber keine andere Kraftbildung zu.

Die Masse der Thiere muss also einen bestimmten Aufwand machen, der durch allmähliches Einschmelzen der Leibessubstanz beim Hungernden gedeckt wird.

Betrachten wir die Leistungen des Thieres im Gebiete der physikalischen Regulation, und zwar an der Schwelle des Beginnes derselben, so ist zunächst die Wärmeabgabe durch die Haut, wie wir später noch zahlenmässig nachweisen werden, nicht aufgehoben, sondern wird innerhalb einer bestimmten Grenze durch Vermittlung eines lebhafteren Blutstromes durch die Haut noch aufrecht erhalten, dann allmählich mit steigender Wärme der Umgebung wieder weiter eingeschränkt, und das Maass dieses Entwärmungsausfalles der erhöhten Wasserverdunstung übertragen.

Nehmen wir an, das Gesetz der Oberflächenentwickelung gelte nicht für die hohen Lufttemperaturen — oder überhaupt nicht — und es würden ungleich grosse Thiere, welche z. B. pro 1 *kg* Lebendgewicht anstatt, wie ich nachgewiesen, ungleiche Wärme produciren — gleiche Wärmemengen erzeugen, so würde unzweifelhaft das grössere Thier schon bei niedriger Temperatur an der Schwelle der physikalischen Regulation angelangt sein und diese weiterhin in viel höherem Maasse in Anspruch nehmen müssen als das kleine Thier und schliesslich auch — man denke nur an die Athemleistungen — diesen Regulationsapparat in seiner Leistungsfähigkeit bald erschöpft haben, noch lange ehe das kleine Thier mit seiner Organisation den thermischen Verhältnissen gegenüber versagt.

Man kann sich auch nicht vorstellen, dass durch eine andere Art der Regulirung als durch den Wasserdampf ein solcher Ausgleich möglich wäre.

Da doch die Möglichkeit einer gewissen Entwärmung auf dem Gebiete der physikalischen Regulation wie auch sonst nur beherrscht wird von den Berührungsflächen zwischen Luft und Körpersubstanz, so müsste bei gleicher Wärmeproduction pro 1 *kg* das grosse Thier die relativ kleinere Oberfläche abgleichen durch eine enorme Durchblutung der Haut, oder es müsste eine völlig andere Hautbeschaffenheit haben. Soll die Luftwärme gleichmässig die biologischen Verhältnisse ändern, so kann dies nur geschehen, wenn durch die Haut für gleiche Flächen gleiche Wärmemengen wandern.

Steigt die Wärme auf Bluttemperatur, so hätte man Folgendes zu erwägen:

Bei 37° allerdings ist scheinbar zunächst die Wärmeabgabe durch die Hautbedeckung 0 und nur die Wasserverdunstung besorgt allein den thermischen Haushalt. Diese Abkühlung durch die Athmung oder anderweitig wird begrenzt sein durch das, was sonst die Lungen an Leistung vollbringen können. Diese werden aber wieder mit der sonstigen Organisation und der Wärmeproduction bei niedriger Temperatur zusammenhängen. Das kleinere Thier empfängt bei seiner Organisation die seiner lebhaften Oxydation entsprechende Lunge. Aber schliesslich könnte man sich für diesen Temperaturpunkt wenigstens vorstellen, dass die thierische Organisation hätte Wesen schaffen können, die auch ohne ungleiche Oxydation bestehen könnten. Aber auch diese Möglichkeit ist nur scheinbar, wie sich zeigen wird.

Entfernen wir uns nämlich nur um Weniges von diesen Temperaturpunkten, so treffen wir wieder auf Temperaturgebiete, welche die Wichtigkeit des Einflusses der relativen Oberfläche gar nicht verkennen lassen. Steigerung der Lufttemperatur erzeugt die ersten Grade der Hyperthermie, die Bluttemperatur nimmt zu und erzeugt neuerdings die Möglichkeit der Wärmeabgabe durch die Haut, welche für verschiedene Thiere nur dann wieder biologisch gleichwerthig wird, wenn ihre Oxydationen sich verhalten wie die Oberflächen.

Würden sich demnach zwei Thiere ungleicher Grösse von gleicher Wärmebildung pro 1 *kg* bei 37° befinden und durch proportionale Arbeit Wärme bilden, so würde ein solcher Fall von Hyperthermie gegeben sein, der dem einen Thier unbedingt Schaden bringen müsste.

Am häufigsten wird im Leben diese Mehrerzeugung von Wärme bei Arbeitsleistung vereinbar sein müssen mit den Entwärmungseinrichtungen eines Thieres und diese sind, wie wir wissen, im Allgemeinen sehr ähnlicher Natur. Die lebende Substanz und ihre Wärmebildung muss beim Warmblüter nicht allein der Wärmeabgabe bei Kälte, sondern auch im Gebiete der physikalischen Regulation der Möglichkeit der Entwärmung angepasst sein. Sollen homologe Verhältnisse bei den einzelnen Thieren bestehen, so passt gewissermaassen in eine bestimmte Haut auch nur eine Organmasse mit bestimmter Wärmebildung hinein.

Zu berücksichtigen ist endlich noch das Eindringen von Wärme in den Thierkörper. Wenn wir zwei ungleich grosse Kugeln in einem warmen Raume haben, erwärmt sich die kleine leichter als die grosse.

Dieses Eindringen erfolgt genau proportional der relativen Oberfläche; es muss demnach, mag ein Thier beschaffen sein wie es will, die natürliche Einrichtung gegeben sein für eine Entwärmung, und diese Einrichtungen müssen leistungsfähig sein im Verhältniss der Oberflächen, welche den Contact mit der Luft geben.

Aus dem Gesagten zeigt sich zur Genüge, dass auch die Gesetze des Wärmehaushaltes physikalischer Regulation dahin wirken, bei verschiedenen Thieren die Wärmeproduction so weit abzugleichen, als ihrer relativen Oberfläche entspricht.

Die Organisation der Warmblüter muss dem natürlichen Temperaturintervall der klimatischen Verhältnisse angepasst sein, und zwar wird diese Accommodation den mittleren Extremen entsprechen, innerhalb deren sich eine bestimmte Species findet. Die Regulationsmechanismen, welche dazu bestimmt sind, rapid verlaufende thermische Aenderungen in ihrem Einflusse auf den Organismus abzuwehren, reichen in der Natur nicht aus, um die natürlich grossen Temperaturschwankungen abzugleichen, und daher kann die biologische Scala der Wärmeaccommodation gewissermaassen verschoben und auf niedere Temperatureinflüsse „gestimmt" werden. Dazu dient Fettablagerung und das Gewand oder Federkleid, ferner der Nestbau, Höhlenbau, welche Windschutz und Trockenheit gewähren. Die oberen Extreme werden vermieden durch das Aufsuchen des Schattens, die Enthaarung, das Nachtleben der Thiere.

Die Hitze bedingt Schläfrigkeit, Ruhe, zu kalter Zeit setzen sich die Thiere nur, wenn sie auf Nahrungsfang ausgehen, also im Zustande der gesteigerten Wärmeproduction, den niedrigsten Temperaturen aus. Die regulatorischen Einrichtungen haben also immer nur einen Theil des Wärmeschutzes zu bieten, während die genannten Hilfseinrichtungen und Lebensgewohnheiten gleichfalls von höchster Bedeutung sind. Die

mittleren Temperaturintervalle, denen auch in den rauhen Klimaten ein Thier ausgesetzt ist, dürften 50° nicht überschreiten. Die auf die Regulationsmechanismen allein gestützte Accommodationsbreite dürfte aber 35° kaum überschreiten. Wo die accessorische Beihilfe durch die Pelzänderung und der Höhlen- und Nestbau nicht genügen, kann die jahreszeitliche Wanderung der Thiere die thermische Accommodation erleichtern. Der Warmblüter bringt sein tropisches Zellklima in alle Breiten.

Die bei allen Warmblütern im Ganzen wenig schwankende Bluttemperatur hängt offenbar auch mit dem Entstehen der Thierwelt in tropischen Gegenden zusammen. Die Ausgangspunkte müssen erst Kaltblüter gewesen sein, deren Lebensenergie durch eine hohe Temperatur ihres umgebenden Mediums entsprechend gesteigert war, wobei der Uebergang vom Leben im Wasser zur Luft einer Mehrung der Binnentemperatur günstig sein mochte.

Wäre das Erdklima zu der Zeit des Entstehens der Thierwelt wärmer gewesen, als es war, so wären sicher Thiere von höherer Eigentemperatur entstanden, denn ein inneres Hinderniss für eine solche Bildung von Protoplasma, welches bei höherer Temperatur leben kann, existirt nicht. Wir haben unter den Thermophilen bei Bakterien zahllose Species, bei welchen das Optimum der Lebensthätigkeit über 60° liegt; es besteht der Leib dann natürlich aus ganz anderen Eiweissstoffen, solchen nämlich, welche bei hohen Temperaturen von 60 bis 70° nicht in Gerinnung übergehen.

Ich habe eine Reihe solcher Lebewesen auf ihren Kraftwechsel unter vergleichbaren Verhältnissen untersucht. Es ist hier nicht der Platz, näher auf diese interessanten Verhältnisse einzugehen, nur das eine Resultat kann hier mitgetheilt sein, dass die absolute Temperatur, bei der sich der Lebensprocess abspielt, nicht die Vorstellung erwecken darf, als seien solche Organismen mit verschieden hohem Lebensoptimum in ihrer Intensität des Lebens auch ausserordentlich verschieden.

Der Kampf gegen die Ueberwärmung des Körpers ist also auch ein Organisationsprincip und nicht minder wichtig als die Accommodation an den Wärmeverlust, ja vielleicht dürfte das erstere sogar das wichtigere und in der Thierwelt das primäre gewesen sein.

Daraus folgt dann auch eine wichtige Beziehnung für die Kaltblüter.[1]) Diese letzteren sind Organismen, welchen ein Regulationsmechanismus fehlt, die chemische Wärmeregulation. Sie vermögen bei einigermaassen starkem Wärmeverlust diesen nicht abzugleichen und sie sinken daher mit ihrer Leibestemperatur und ihrer Oxydation. Die natürlichen Lebensbedingungen bringen sie aber

---

[1]) Die Versuche von Krehl und Matthes stehen mit einer solchen annähernden Beziehung zur Grösse und Oberfläche in einigem Zusammenhang.

bisweilen unter Bedingungen der Wärme, welche ihre Lebensvorgänge nicht eben geringer sein lässt, als cet. par. bei Warmblütern. Sie vertragen, so viel man weiss, recht hohe Temperaturen und wahrscheinlich mangelt es ihnen nicht immer an den Mitteln der physikalischen Wärmeregulation. Sollen sie nicht durch Ueberwärmung einer grossen Lebensgefahr ausgesetzt sein, so muss auch bei ihnen bei hoher Temperatur die Wärmeproduction in angemessenem Verhältniss zu der Möglichkeit der Wärmeabgabe durch die Haut stehen.

Näheres ist uns darüber freilich auch nicht bekannt, aber vielleicht klären künftige Untersuchungen an Kaltblütern uns über diesen Gegenstand noch näher auf.

Wenn man in neuerer Zeit glaubt, auch bei Kaltblütern unter gewissen Umständen, namentlich bei höherer Temperatur, hinsichtlich des Kraftverbrauches eine gewisse Abhängigkeit von der Körpergrösse und der Oberflächenentwickelung zu finden, so hat die weitere und eingehendere Verfolgung dieses Gegenstandes eine grosse Bedeutung.

Principiell steht der Annahme solcher Beziehungen zwischen den Lebensäusserungen und der Oberfläche bei Kaltblütern kein Hinderniss entgegen. Aber die einschlägigen Thatsachen müssen doch erst in grösserem Umfange bekannt sein und namentlich der Hautbeschaffenheit und dem Wärmeregulationsmechanismus grössere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

XIII. Capitel.

Ueber den Mechanismus der Wärmeregulation im Zustande der Ernährung und Nahrungsentziehung beim Thiere.

Die Mittel der Wärmeregulation, mit denen der Körper den verschiedenartigsten Einflüssen gegenüber sich behilft, sind sehr verschiedene. Auf dem Gebiete der chemischen Wärmeregulation erlaubt uns die chemische Untersuchung des Stoffwechsels durch das Mehr oder Weniger der Zersetzung etwas über diese Einflüsse auszusagen. Die Kohlensäureausscheidung, die Sauerstoffaufnahme sind Mittel, um diese Veränderungen genau zu studiren.

Anders liegt die Sache dort, wo die physikalische Regulation einsetzt; von dieser Grenze ab sind weder die Kohlensäureausscheidung noch die Sauerstoffaufnahme ein Mittel, um zu erfahren, in welchem Grade der Körper regulirt, nur wenn wir die Grenzen der physikalischen Regulation nach oben hin verlassen, zeigt der wachsende Sauerstoffconsum und die steigende Kohlensäureausathmung, dass das thermische Gleichgewicht ins Wanken gekommen ist, und die Regulation versagt. Wie wir gesehen haben, erstreckt sich die physikalische Regulation auf ein Temperaturgebiet, das die ganze Breite der klimatischen Einflüsse umfassen kann.

Das Studium der Kohlensäureausscheidung, der Sauerstoffzersetzung, des Energieverbrauches sagt nur aus, dass im Gebiete der physikalischen Regulation nichts passirt, was diese Dinge ändert.

Aber nichtsdestoweniger gibt es eine Reihe von wichtigen Vorgängen, welche regulatorische Wirkungen sind.

Die Veränderungen der Lufttemperatur im ganzen Gebiete chemischer Regulation müssen durch Gegenwirkungen genau abgeglichen werden, und diese kennen zu lernen oder zu messen, muss besondere Bedeutung haben.

Die Mittel, deren sich der thierische Organismus bedient, um innerhalb der Grenzen der physikalischen Regulation den Wärmehaushalt im Gleichgewichte zu halten, sind mehrere. Ein solches ist bei den Hunden und manchen anderen Thieren die Vergrösserung der die Wärmeabgabe besorgenden Oberfläche durch auf den Rücken

legen und Ausstrecken der Extremitäten. Bei Temperaturen von 35 bis 40° sieht man es bei manchen Thieren recht regelmässig auftreten. Bei den in dieser Abhandlung erwähnten Thieren habe ich es in vollstem Maasse ausgeprägt allerdings nie gesehen.

Ich habe versucht, mir ein Bild über den Grad der Wirksamkeit dieses wärmeregulatorischen Mittels zu machen.

Ein Hund hungert 3 Tage, am zweiten Hungertage wurde er wie gewöhnlich im Respirationsapparate belassen, am dritten Hungertage in ein Netz gebracht, eine Art Hängematte, welche ihm nicht erlaubt, sich einzurollen, wie er dies am Tage vorher gethan hatte. Dass er sich in letzter Stellung sehr unbehaglich gefühlt hätte, kann ich nicht sagen, nur in den ersten Minuten war dies der Fall. Diese kamen aber für das Resultat nicht in Betracht, weil der Versuch im Respirationsapparate erst begann, nachdem sich das Thier ganz beruhigt hatte. Im Uebrigen hatte mich ein Vorversuch einige Tage früher schon davon überzeugt, dass das Liegen in der Hängematte vom Hunde für längere Dauer ertragen wurde, ohne dass er sich bemühte, aus seiner Lage sich zu befreien.

Der Versuch des dritten Hungertages dauerte 7 Stunden.

Die Resultate waren folgende, für den Tag berechnet:

	Calorien aus Eiweiss	Calorien aus Fett	Summe	Temperatur
Zweiter Hungertag . .	33·79	430·91	464·7	17·5°
Dritter „ . .	33·79	581·50	615·2	18·2°

Die Zunahme der Wärmebildung war demnach eine sehr erhebliche, sie betrug 32·5%; mögen auch kleinere Bewegungen ausgeführt worden sein während des Liegens in der Hängematte, so kann man doch nach meinem Urtheile unmöglich diese Vermehrung der Wärmebildung ausschliesslich auf solche zurückführen. Vielmehr wird die Mehrung, wenn nicht ganz, so doch grösstentheils auf die stärkere Abkühlung des Thieres durch die vermehrte freie Oberfläche zurückzuführen sein.[1])

Wichtiger sind die beiden anderen [Mittel der physikalischen Regulation, die Blutcirculation durch die Haut und die Aenderung der Wasserdampfabgabe.

Es wird sich darum handeln, einen Weg zu finden, um diese beiden Grössen näher zu verfolgen. Von den beiden ist die Wasserdampfabgabe einer genauen Messung zugängig.

Die Messung der Wasserdampfausscheidung ist früher so gut wie ganz unbeachtet geblieben. Man hat sie wohl als einen ganz nebensächlichen Vorgang aufgefasst. Ist man doch so weit gegangen, bei calorimetrischen Messungen die Wasserdampfausscheidung ganz zu vernachlässigen.

---

[1]) Ich möchte darauf aufmerksam machen, dass die Ruhestellung verschiedener Thiere sehr verschieden ist. Die Vögel sitzen, auch die Kaninchen und Meerschweinchen. Die Hunde legen sich und rollen sich ein.

Ich habe zuerst die Beweise beigebracht, dass wir bei calorimetrischen Messungen den Wasserdampf ebenso vollständig bestimmen müssen wie die Wärme mit dem Calorimeter selbst. Letztere und die Verdampfungswärme zusammengenommen geben diejenige Wärmemenge, welche den zersetzten Nahrungsstoffen und Körperstoffen entspricht.

Die Vernachlässigung der Wasserdampfbestimmung erklärt sich durch den Umstand, dass man im Allgemeinen glaubte, aus dem Stoffwechsel allein genügend Einblick in die thierischen Processe zu erhalten, auch aus dem Umstande, dass die Methode selbst als viel schwieriger angesehen wird, als die sonstige Verfolgung respiratorischer Vorgänge. Aus den Arbeiten meines Laboratoriums geht aber hervor, dass man die Schwierigkeiten der Wasserdampfbestimmung nicht überschätzen darf und dass man sie allerdings unter Anwendung einer Reihe von Cautelen, die man früher nicht heranzog, unter allen Umständen ebenso genau machen kann, wie die Kohlensäurebestimmung.

Die Wasserverdampfung ist also nicht ein nebensächlicher, sondern ein wichtiger Vorgang.

Bei Polypnö mit zunehmender Luftwärme oder zunehmender Feuchtigkeit der Luft wird die stärkere Verdunstung wesentlich durch die Lungenathmung besorgt. Aber offenbar ist auch die weit herausgestreckte Zunge ein solches Entwärmungs- und Verdunstungsorgan. Die darüber streichende Luft erwärmt sich und nimmt den Wasserdampf dabei auf. Die Verdampfungswärme muss also unter diesen wie analogen Fällen als von dem Körper entnommen angesehen werden.

Bei calorimetrischer Messung selbst wäre übrigens der Modus des Entstehens der Verdampfungswärme gleichgiltig.

Sie ist das einzige Mittel, welches uns zeigt, dass die Gleichförmigkeit der Wärmebildung im Gebiete der Wärmeregulation uns gewissermaassen über die wichtigen anderweitigen Vorgänge im Gebiete der physikalischen Regulation täuscht, und weiter das einzige Mittel, welches auch in anderer Richtung hin uns über die Hautfunctionen aufklären kann.

Die vermehrte Blutcirculation nach der Haut kann man zwar beim Hunde nicht sehen, sowie man sie beim Menschen durch die Röthung der Haut wahrnehmen kann. Man fühlt, wie ich regelmässig beim Katheterisiren der Hunde und dem Einführen des Fingers in die Scheide bemerkte, die bessere Durchwärmung auch der äusseren Partien mit zunehmender Lufttemperatur recht gut. Näher habe ich diese Variation der Hautwärme direct beim Menschen verfolgt, worauf verwiesen sein mag.

Die Aenderung der Blutcirculation bedingt eine grössere Differenz zwischen Haut- und Lufttemperatur, womit dann die Abgabe von Leitung und Strahlung zunimmt. Die Gesetze für Leitungsverlust und Strahlungsverlust sind freilich nicht genau die gleichen, können aber

für die geringen Temperaturintervalle, wie sie für unsere Betrachtungen in Frage kommen, als gleich angesehen werden.

Das wichtigste Mittel, die Veränderlichkeit der physikalischen Regulation zu studiren, ist die calorimetrische Messung. Das im Calorimeter befindliche Thier gibt seine Wärme durch Leitung und Strahlung an die Wandungen des Instrumentes ab, erwärmt die Athemluft und gibt Wasser an die das Calorimeter durchströmende Luft ab. Die ausgeathmete Luft kühlt sich an den Wandungen des Calorimeters ab.

Dadurch wird es möglich, einige Functionen der Wärmeabgabe in ihre Theile zu zerlegen, und damit bei den verschiedenen Formen der Regulation ein Bild für die Art des Wärmeverlustes zu schaffen.

Man kann dabei in folgender Ueberlegung vorgehen:

Wenn man nur die Wärmeproduction exclusive der Wasserverdampfung betrachtet, so besteht sie aus dem Strahlungs- und Leitungsverlust im engeren Sinne und dem Wärmeverlust durch Erwärmung der Athemluft, die gewissermaassen auch einen Leitungsverlust darstellt. Wenn bei den Thieren nicht Polypnö sich einstellt, wie bei 35^0, so ist der Verlust durch die Athmung wenig bedeutungsvoll und man kann kurzweg die Wärmeproduction, ausschliesslich der Wasserverdunstung als Verlust durch Leitung und Strahlung, d. h. als einen Ausdruck der Wirkung der mehr oder minder gut durchbluteten Haut bezeichnen.

Man kann darüber im Einzelnen noch folgende weitere Angaben machen.[1])

Die Gesammtwärmeverluste eines Thieres setzen sich aus folgenden Theilen zusammen:

1. Dem Verlust auf dem Wege von Leitung und Strahlung durch die Haut.
2. Verlust durch Erwärmung der Athemluft.
3. Verlust durch Erwärmung der Speisen.
4. Wasserverdunstung durch Haut und Lunge.

Von diesen vier Theilen scheidet nach Abzug der latenten Wärme des Wasserdampfes eigentlich nur der letzte Posten aus. Die Verdampfungswärme des Wassers ist $607 - 0{\cdot}708\,t = 580$; da aber das verdampfte Wasser aus der Nahrung stammt, welch' letztere von 20^0 etwa auf 38^0 erwärmt werden muss, so kommen pro $1\,g$ Wasser $+$ 18 Cal. hinzu $= 598$. Indem ich das verdunstende Wasser (pro $1\,g$) $= 0{\cdot}6$ Cal. setze, liegt hierin auch die wesentliche Correctur für Posten 3.

Bei den Thieren mit einem Umsatz von 300 bis 400 Cal. pro Tag betrug der Wärmeverlust mit dem Harn, wenn nicht Fleischfütterung vorlag, meist um 1·2 bis 1·3 Cal. herum. Bei letzterer etwas mehr. Unberechnet blieb dabei nur die Erwärmung des N-freien Restes des Eiweisses oder die N-freie feste Nahrung mit Bezug auf ihre Er-

---

[1]) Arch. f. Hyg. XI, S. 138.

wärmung auf Bluttemperatur, ein sehr kleiner Posten. Den Verlust durch Erwärmung der Athemluft kann man etwa auf 4·5 Cal. schätzen. Der letztere ist Wärmeverlust durch Leitung.

Wenn man also von der Gesammtwärmeproduction den Wärmeverlust durch verdampftes Wasser abzieht, so hinterbleibt der Verlust durch Strahlung und Leitung (vermehrt um einen kleinen Wärmeantheil, der auch den Verlust mit dem Harn und Koth und die Erwärmung der ausgeathmeten Kohlensäure trifft, eine sehr kleine Fehlergrösse).

In dem Verlust, Leitung und Strahlung ist inbegriffen die Erwärmung der trockenen Athemluft, die in der Regel etwa 1·8% der ganzen Wärme ausmacht.

Leitung und Strahlung würden demnach zu 98·3% wirklich auf die Haut zu beziehen sein, 2·7% auf die Lufterwärmung im Respirationstractus; ein Antheil, der bei Polypnö, bei sehr hohen Temperaturen natürlich zunimmt. Man wird also bei sehr grosser Wasserverdunstung auch ein relatives Anwachsen des Wärmeverlustes mit der Athemluft annehmen können, so dass die auf Strahlung und Leitung durch die Haut fallenden Zahlen etwas kleiner sein müssten als die berechneten.[1])

Aus meinen Untersuchungen entnehme ich — für den Hund als Versuchsthier — dass man in sehr vielen Fällen für die vorliegenden Fragen die Anwendung des Calorimeters auch entbehren kann.

Ich habe bewiesen, dass die directe calorimetrische Messung in den von mir untersuchten Fällen, welche die typischesten Beispiele der Stoffwechselverhältnisse umfassten, identisch ist mit der von mir durchgeführten Berechnung der Wärmebildung des ruhenden Thieres aus den umgesetzten Stoffen. Daher genügt für viele Betrachtungen die Feststellung des Stoffwechsels und der Wasserdampfung, um über die Art der physikalischen Regulation ins Klare zu kommen.

In den folgenden Versuchen ist in dieser Weise verfahren worden; doch sind mehrere der Werthe in solchen Fällen, wo es mir nothwendig schien, direct mit dem Calorimeter controlirt, ohne dass Correcturen an den Zahlen sich als nothwendig erwiesen hätten.

Die Variation der Wärmeabgabe muss mir also ein Bild von den im Gebiete der physikalischen Regulation eintretenden Functionirungen geben und manchmal prägt sich ein biologischer Vorgang ganz und gar nur in der Grösse der Wasserdampfänderung aus, wie ich beim Studium der Wirkung der Sonnenstrahlung auf Hunde gesehen habe.

Leider, muss man sagen, ist die Wasserdampfabgabe aber eine Körperfunction, die von einer der schwankendsten Eigenschaften der Luft, dem Feuchtigkeitsgrade der Luft selbst abhängig ist, so dass sich functionelle Aenderungen aus inneren Gründen und Aenderungen

---

[1]) Arch. f. Hyg. XI, S. 270.

wegen der Differenzen in der Luftbeschaffenheit ebenso oft compensiren wie summiren.

Die Luftfeuchtigkeit ist ein Factor, der unter natürlichen Verhältnissen ungemein veränderlich ist, aber auch seine Wirkungen lassen sich nicht in eine so einfache Formel bringen, wie z. B. die Wirkung der Luftwärme.

Auf Grund von eingehenden experimentellen Untersuchungen habe ich mich schon vor vielen Jahren darüber näher ausgesprochen.[1])

All die dabei festgestellten Thatsachen, die so gut wie gar nicht bekannt geworden zu sein scheinen, wird man sich bei den Versuchen mit Thieren jeweilig ins Gedächtniss rufen müssen, wenn man gleichmässige, einwandfreie Resultate, sei es für die Studien über Energieverbrauch oder auch nur für die Studien des Eiweissumsatzes, erhalten will.

Ich habe aber diese Frage, die Rolle des Wasserdampfes, in Betracht gezogen mit Rücksicht auf die Vertheilung der „Wärme" des Organismus auf die verschiedenen Entwärmungwege, mit denen wir uns eben beschäftigen, sowie mit Bezug auf die Grösse des Energieumsatzes überhaupt.

Ich muss daher die Hauptthatsachen hier anführen, indem ich im Uebrigen auf die oben genannten Abhandlungen verweise.

Bei mittlerer Temperatur hat die Feuchtigkeit der Luft beim Hunde in ihren Schwankungen keinen beachtenswerthen Einfluss auf das Thier, ich habe bei calorimetrischen Versuchen gefunden:

	Calorien pro 24 Stunden	Relative Trockenheit[2])
Trockene Tage	258·4	66%
feuchte Tage	256·6	31%
An trockenen Tagen mehr	1·8 Cal.	
= + 07%.		

Aehnlich in einer anderen Versuchsreihe:

	Calorien pro 24 Stunden	Relative Trockenheit
Trockene Tage	282·0	52%
feuchte Tage	280·1	30%
An trockenen Tagen mehr	+ 1·9 Cal.	

und weiter:

---

[1]) Die Beziehungen der atmosphärischen Feuchtigkeit zur Wasserdampfabgabe. Arch. f. Hyg., Bd. XI, S. 137. 1890.

Stoffzersetzung und Schwankungen der Luftfeuchtigkeit. Ibid. 243.

Thermische Wirkungen der Luftfeuchtigkeit. Ibid. S. 255.

Schwankungen der Luftfeuchtigkeit bei hoher Lufttemperatur in ihrem Einflusse auf den thierischen Organismus. Arch f. Hyg., Bd. XVI, S. 101.

[2]) Reciproker Werth zur relativen Feuchtigkeit. Arch. f. Hyg., Bd. XI, S. 137.

	Calorien pro 24 Stunden	Relative Trockenheit
Trockene Tage	333·7	54%
feuchte Tage	333·1	18%
	+ 0·6	

Nach ihrer Ernährungsweise geordnet geben die Versuche:

	Bei feuchter Luft weniger	Grösse und Schwankung der Feuchtigkeit in %	Temperatur
	in Procent		
Hunger	— 0·8	35	20·2°
Fettzufuhr	— 0·7	22	20·0°
Fleisch und Fett . .	— 0·2	36	10·5°

Die Zahlen erlauben also den Schluss, dass bei mässiger Nahrungszufuhr die Trockenheit der Luft den Energieumsatz etwas anregt. Die Differenz mag für den vollen Umschwung von absolut trockener zu feuchter Luft

2·3
4·54 } 3·2% ausmachen.
2·71

Anders liegen die Werthe, wenn es sich um eine abundante Kost und eine Mehrproduction an Wärme handelt.

Dann schlägt die Wirkung der Feuchtigkeit ins Gegentheil um, zunehmende Feuchtigkeit vermehrt die Wärmebildung.

Es fand sich bei 20·2°

	Wärmebildung in 24 Stunden	Relative Trockenheit
Sehr trockene Luft	249·4	87%
feuchte Luft	261·9	44%
Mehr in feuchter Luft . .	+ 12·5 Cal.	

Hier spielt also die Feuchtigkeit ihre wichtige Rolle und diese steigt, wenn man bei reichlicher Wärmeproduction zugleich hohe Lufttemperatur anwendet.[1])

Bei geringer Fettkost und 35° Lufttemperatur

stieg die Wärme pro 1 *kg*	Relative Feuchtigkeit
69·28	9·1%
70·88	16 %
73·54	30 %

Sie stieg also um 6·1% für 21% Feuchtigkeitszuwachs. (Die Wasserdampfausscheidung blieb aber dieselbe, nur mehrt sich die Polypnö.)

[1]) Arch. f. Hyg., Bd. XVI, S. 101.

Da man annehmen kann, dass die Wirkung der zunehmenden Feuchtigkeit hier kaum eine der Zunahme proportionale, sondern rasch wachsende sein muss, so darf man sagen, dass die Gesammtwirkung derselben vielleicht an 30% Mehrung der Wärmeproduction — absolute Trockenheit und höchste Feuchtigkeit verglichen — gewiss erreichen kann, wenn überhaupt ein thermisches Gleichgewicht möglich ist.

Bei den niedersten Temperaturgraden 0 bis 5° zeigt die Feuchtigkeit gleichfalls eine Wirkung, die das Sinken der Temperatur in seiner Einwirkung fast verdoppeln kann.

Die Wirkungen der Feuchtigkeit auf den gesammten Energieumsatz sind also variabel. Feuchte Luft kann die Zersetzung mindern, sie kann sie unter anderen Bedingungen aber auch mehren.

Aber auch dort, wo gar keine Wirkung auf den gesammten Energieumsatz vorhanden ist, haben die Feuchtigkeitsschwankungen einen wichtigen Einfluss auf die Wege, welche zur Entwärmung des Körpers von Seiten der Regulation benützt werden.

Die feuchte Luft zeigt bei hoher und niedriger Temperatur, bei Variation hoher und niedriger Feuchtigkeitsgrade und bei jeder Erwärmung eine Behinderung des Wärmeverlustes mit der Verdunstung und Mehrung des Wärmeverlustes mit Leitung und Strahlung. Nur bei sehr hohen Temperaturen kann man in feuchter Luft die Wasserverdunstung nicht herabdrücken; die eintretende Polypnö hält die Grösse der Verdunstung mit Gewalt auf gleicher Höhe, ohne sie würde eine Zunahme der Körpertemperatur unvermeidlich sein.

Im Mittel kann man annehmen, dass von ganz trockener Luft ausgehend die zunehmende Feuchtigkeit für 1%, die Leitung und Strahlung um 0·32% steigert.

Diesen Mehrverlust an Leitung und Strahlung kann man unmittelbar auch am Calorimeter selbst wahrnehmen, denn die Ausschläge des Instrumentes werden grösser.

Die Spirometer machten folgende Angaben:

Bei trockener Luft . . . 108·4 cm^2 Wärmewerth
„ feuchter „ . . . 117·7 cm^2 „

und die abströmende Calorimeterluft führte

an trockenen Tagen . . . . . 14·34 Cal.
„ feuchten „ . . . . . 17·47 „

und die Gesammtwärmeverluste durch Leitung und Strahlung berechneten sich

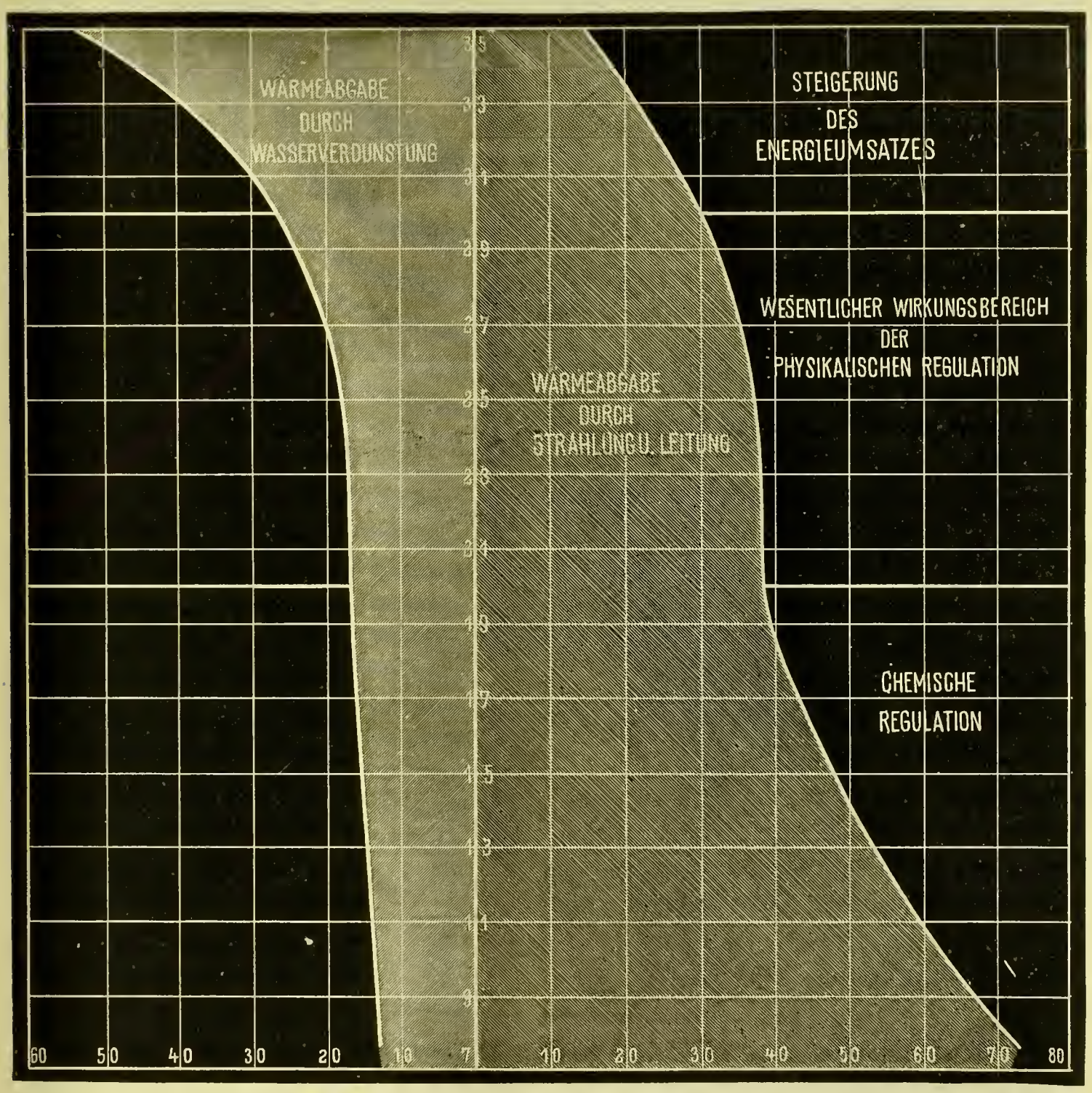
an den trockenen Tagen . . . . . 219·6 Cal.
„ „ feuchten „ . . . . . 243·4 „

Die Wirkung der Feuchtigkeit beruht offenbar in der Erhöhung der Leitungsconstante des Felles, welches Wasserdampf anzieht und wärmedurchgängiger wird. Dieser Verlust wird aber wieder theilweise abgeglichen durch die Verminderung der Wärmeverluste aus der Lunge.[1])

[1]) Arch. f. Hyp. XI, S. 282.

Nach diesen Auseinandersetzungen wird man einsehen, dass exacte Angaben über den Energieverbrauch unter verschiedenen Umständen nur möglich sind, wenn man auch auf die Luftfeuchtigkeit achtet, was aber bisher nur in meinen Versuchen geschehen ist, und dass die Trennung des Wärmeverlustes nach den einzelnen Wegen des Verlustes eine ganz besonders schwierige Aufgabe ist.

Fig. 4.



Nach diesen Vorbemerkungen wollen wir uns mit den speciellen Aufgaben beschäftigen.

Den Betrachtungen der Wärmeregulation des gefütterten Thieres wollen wir die Betrachtung der Wärmeregulation des hungernden Thieres vorausschicken.

Am klarsten gibt die graphische Darstellung Fig. 4 ein Bild von den Verhältnissen. An der Mittellinie der Figur ist rechts die Wärmeabgabe

durch Leitung und Strahlung, links der Wärmeverlust durch Wasserverdunstung aufgetragen. 1 *g* verdampftes Wasser ist rund als 0·6 Cal.[1]) gerechnet. Die Mittellinie gibt die Höhe der Temperatur, die Abscisse die Wärmemengen.

Mit zunehmender Temperatur sinkt von 6 bis 7° ab die durch die Haut abgegebene Wärme annähernd in demselben Verhältniss, in welchem durch die Zunahme der Lufttemperatur die Differenzen zwischen Haut und Luft kleiner werden. Die Wasserverdunstung, beim Hunde wesentlich von der Lunge herrührend, ändert sich bis gegen 18 bis 19° wenig, aber in dem Sinne einer allmählichen Zunahme. Zwischen 17 bis 26° wird fast gleich viel Wärme durch die Haut abgegeben; der Wärmeverlust mit dem Wasser steigt, aber wenig. Da die Lufttemperatur die Wärmeabgabe innerhalb dieser Grenzen aber immer mehr behindert, so muss durch das Steigen der Hauttemperatur auf diesem Wege der Wärmeverlust doch grösser geworden sein.

Von 26° ab fällt die durch die Haut verlorene Wärme rasch, während in gleichem Maasse, zuletzt sogar recht rasch, der Wärmeverlust durch Wasserverdunstung abnimmt. Die Hauttemperaturen müssen, dies sieht man aus dem Verlaufe der ganzen Curve, bei niederen Temperaturen höher als bei den hohen gewesen sein; auch durch approximative Rechnung findet man das gleiche, wenn man für kleine Temperaturintervalle die Hauttemperatur als constant voraussetzt.

In anderen Fällen verläuft natürlich die Curve wieder anders. Dieses, der graphischen Darstellung zu Grunde gelegte Thier war langhaarig und zeichnete sich dadurch aus, dass es verhältnissmässig frühzeitig in den Zustand der physikalischen Regulation gerieth. Magere, kurzhaarige Thiere erreichen diese Grenze oft viel später und der untere Theil der Curve würde in entsprechender Weise für Leitung und Strahlung zu verändern sein, indem diese Grössen mit sinkender Temperatur wachsen, wie mehrere von mir beobachtete Thiere es zeigen, aber auch die Wasserverdampfung nimmt dann mit sinkender Temperatur wieder zu. Auch beim Menschen verhält es sich ähnlich. Die Zunahme der Wasserverdunstung ist eine Wirkung der lebhafteren Verbrennung und des Wachsens des Luft- und Sauerstoffbedürfnisses.

Im Vergleich zu dem hungernden Thier wollen wir das gefütterte betrachten. Die Menge des ausgeschiedenen Wasserdampfes ist fast bei allen Versuchen, wie wir bereits hinsichtlich des Stoffwechsels besprochen haben, genau bestimmt worden.[2]) In nachfolgender Generaltabelle sind die Werthe über Wärmebildung (in Calorien) und Wasserdampfabgabe in Gramm pro 1 *kg* Thier und im Mittel eingetragen. Hinzugefügt ist eine Reihe von 350 *g* Fleischzufuhr und über 390 *g* in beiden Fällen liegen auch calorimetrische Versuche vor.[3])

---

[1]) Eine Abrundung der Zahl für die Verdunstungswärme des Wassers ist hier vollkommen am Platze.

[2]) Die Zahlen finden sich Arch. f. Hyg., Bd. XI, S. 203 ff.

[3]) Ibid. u. Zeitschr. f. Biol. XXX, S. 72 ff.

Tabelle 84.

Temperatur	Hunger [1]		100 Fleisch [2]		200 Fleisch [3]		320 Fleisch [4]		350 Fleisch [5]		390 Fleisch [6]	
	Strahlung Leitung Cal.	H_2O Cal.	Strahlung Leitung Cal.	H_2O Cal.	Strahlung Leitung Cal.	H_2O Cal.	Strahlung Leitung Cal.	H_2O Cal.	Strahlung Leitung Cal.	H_2O Cal.	Strahlung Leitung Cal.	H_2O Cal.
7	78·5	7·9	—	—	67·1	10·6	78·5	9·4	—	—	—	—
15	55·3	7·7	—	—	46·7	11·2	76·2	10·4	—	—	—	—
20	45·3	10·6	46·7	9·2	49·5	15·4	—	—	61·0	13·2	69·1	7·0
25	41·0	13·2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	33·2	23·0	34·1	21·5	27·8	35·6	34·5	48·5	—	—	—	—

Aus diesen Werthen sind dann die calorischen Zahlen für Wärmeabgabe durch die Haut (Strahlung und Leitung) und die Wasserverdunstung abgeleitet.

Tabelle 85.

Temperatur	Hunger		100 Fleisch		200 Fleisch		320 Fleisch		350 Fleisch		390 Fleisch	
	Cal.	H_2O *g*	Cal.	H_2O *g*	Cal.	H_2O *g*	Cal.	H_2O *g*	Cal.	H_2O *g*	Cal.	H_2O *g*
7	86·4	13·2	—	—	77·7	17·6	87·9	15·6	—	—	—	—
15	63·0	12·8	—	—	57·9	18·7	86·6	17·3	—	—	—	—
20	55·9	17·7	55·9	15·4	64·9	25·6	—	—	74·2	22·0	76·1	11·6
25	54·2	22·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	56·2	38·3	55·6	35·8	63·4	59·9	83·0	80·8	—	—	—	—

Den Versuchen muss ich die allerdings ziemlich selbstverständliche Bemerkung vorausschicken, dass sie natürlich nicht in unmittelbarer Reihenfolge hintereinander angestellt sind, was bei der Menge dieser Untersuchungen begreiflich erscheint.

Dadurch sind einige Schwankungen in den Werthen ganz unvermeidlich.

Die Versuche sind nicht sämmtlich bei absoluter gleicher Lufttrockenheit angestellt; trotz der gut ausgebildeten Technik kommen eben bisweilen Differenzen vor. Der Grad der Lufttrockenheit oder Feuchtigkeit ist aber von grossem Belang. Denn wie ich zuerst gefunden habe,

---

[1]) Relative Trockenheit: 76%
„ „ 66%
„ „ 71%
„ „ 81%
„ „ 86%

[2]) Relative Trockenheit: 75%
„ „ 78%

[3]) Relative Trockenheit: 72·5%
„ „ 63·3%
„ „ 76·7%
„ „ 83·5%

[4]) Relative Trockenheit: 76%
„ „ 69%
„ „ 79%

[5]) Relative Trockenheit: 78·8%

[6]) Relative Trockenheit: 69%

bestimmt die relative Feuchtigkeit oder Trockenheit die Relation der durch Leitung und Strahlung oder durch Wasserdampfung abgegebenen Wärme.[1]) Je feuchter die Luft, umsomehr Wärme wird durch Leitung und Strahlung verloren und umgekehrt. Beim hungernden Thier lässt sich durch Rechnung leicht eine Differenz in der relativen Feuchtigkeit abgleichen, weniger sicher bei der Fütterung, wenn viel Wasserdampf abgegeben wird. Für die Hungercurve ist der schwankende Feuchtigkeitsgrad eliminirt. Für die Generaltabelle habe ich die Originalzahlen benützt; es findet sich aber in der Anmerkung der Grad der Trockenheit der Luft angegeben. Will man die auf gleiche Feuchtigkeit berechneten Zahlen benützen, so verweise ich auf Arch. f. Hyg. XI, S. 208.

Bei 7° wird die Hauptmenge der Wärme bei Hunger sowohl wie bei 200 *g* Fleisch und 320 *g* Fleisch durch die Haut abgegeben. Die Zahlen für Hunger und Fütterung sind nicht wesentlich verschieden, die Wasserdampfwärme scheint etwas vermehrt, auch wenn Hunger und 320 *g* Fleisch verglichen werden.

Bei 15° ist bei Hunger die Wärmeabgabe durch die Haut eingeschränkt gegenüber 7°, bei 200 *g* Fleisch bleibt der Werth um ähnliches niedriger gegenüber Hunger, wie dieselben Werthe bei 7°. Bei 320 *g* Fleisch entledigt sich der Körper der überschüssigen Wärme nicht durch Vermehrung der Verdampfung, sondern durch vermehrte Strahlung und Leitung.

Bei 20° haben Fleischmengen von 200 *g* und darüber eine Zunahme der Wärmeerzeugung hervorgerufen. Da der Versuch von 320 *g* Fleisch fehlte, habe ich zwei andere Versuche, die freilich zeitlich weitab lagen, mit 350 und 390 *g* Fleisch herangezogen, welche die Lücke ausfüllen können.

Hinsichtlich der Regulation zeigt sich zwischen Hunger und 100 *g* Fleisch kein Unterschied. Für 200 *g* Fleisch ist durch die trockenere Luft die Wasserverdampfung dem Hungerversuche gegenüber etwas zu gross geworden, so dass wir bei 200 *g* Fleisch eine Steigung des Wärmeverlustes durch Strahlung und Leitung anzunehmen haben, wenn schon auch ein gewisser Ueberschuss für die Wasserverdunstung bleibt. Bei grossen Fleischgaben ist der Wärmeverlust durch die Haut erheblich gesteigert. Auch die Wasserverdunstung mächtig vermehrt. Die kleine Zahl für die Wasserverdunstung bei 390 *g* Fleisch erklärt sich durch die grössere Feuchtigkeit der Luft in diesem Versuche.

Bei 30° sind wesentliche Unterschiede in der Strahlung und Leitung nicht vorhanden, wohl aber grosse hinsichtlich der Wärmeabgabe durch den Wasserdampf.

Da die Fleischmengen 320, 350, 390 *g* sich nicht sehr unterscheiden, so kann man, meine ich, diese an Zahl geringeren Versuche zu einer Reihe vereinigen, wodurch das Resultat der nachfolgenden Tabellen an Uebersichtlichkeit gewinnt.

---

[1]) Arch. f. Hyg., Bd. XI, l. c.

Tabelle 86.

Strahlung und Leitung pro 1 *kg* in Cal.

Temperatur	Hunger	100	200	350
		Fleisch		
7	78·5	—	67·1	78·5
15	55·3	—	46·7	76·2
20	45·3	46·7	49·5	65·1
25	41·0	—	—	—
30	33·2	34·1	27·8	34·5

Relative Trockenheit:

	Procent			
Bei	7⁰ — 76	— —	— 72	— 76
„	15⁰ — 66	— —	— 63	— 69
„	20⁰ — 71	— 75	— 77	— 72
„	25⁰ — 81	— —	— —	— —
„	30⁰ — 86	— 78	— 83	— 79

Tabelle 87.

Calorien in verdampften H_2O pro 1 *kg*.

Temperatur	Hunger	100	200	350
		Fleisch		
7	7·9	—	10·6	9·4
15	7·7	—	11·2	10 4
20	10·6	9·2	15·4	10·1
25	13·2	—	—	—
30	23·0	21·5	35·6	48·5

Aus den Experimenten folgt demnach, dass bei niederen und mittleren Temperaturen die Mehrerzeugung in Wärme nach Nahrungszufuhr nur in geringem Grade durch Vermehrung der Wasserdampfabgabe sich bemerklich macht, dagegen in hohem Maasse durch Vermehrung der Wärmeverluste durch Strahlung und Leitung durch die Haut. Ueber Stubentemperatur dagegen ist die Vermehrung der Wasserverdampfung das wesentliche Mittel der Regulation, welche die überschüssige Wärme zu beseitigen hat.

Ganz analoge Verhältnisse finden sich für die Steigerung der Wärmeproduction der Menschen durch Muskelarbeit. Die Leistungsfähigkeit der Haut für die Entwärmung auf dem Wege von Strahlung und Leitung ist bei niedrigen Temperaturen so gross, dass erhebliche Arbeitsleistungen die Wasserdampfausscheidung nur minimal und so weit beanspruchen, als die lebhaftere Athmung einen Verdampfungszuwachs bedingt.

Auch bei dem Hunde *(Fl)* wurde in einer Reihe von Fällen die Wasserdampfabgabe bestimmt; die relative Feuchtigkeit[1]) war in allen Versuchen, jene bei 5° ausgenommen, gleichmässig niedrig gehalten.

Tabelle 88.

Werthe pro 1 *kg* und 24 Stunden *(Fl.)*.

	Hunger			Fleisch 86·9 Cal. pro 1 *kg*			Fleisch 173·8 Cal. pro 1 *kg*		
	Cal.	Cal. in verdampftem Wasser	Strahlung und Leitung	Cal.	Cal. in verdampftem Wasser	Strahlung und Leitung	Cal.	Cal. in verdampftem Wasser	Strahlung und Leitung
5	121·3	8·8	112·5	121·9	13·7	108·2	133·5	—	—
15	100·9	14·0	86·9	96·1	20·0	86·0	110·9	—	—
22	70·7	—	—	83·7	13·3	70·4	101·0	32·3	68·7
31	62·0	16·9	45·1	81·7	39·1	42·6	117·2	58·7	58·5

Die Werthe bei 5° sollten auf gleiche Feuchtigkeit berechnet, mit den übrigen Versuchen (25%) berechnet lauten: für Hunger 14·0 Cal., für Fleisch 21·2. Daraus würde sich ergeben, dass bei Fleischzufuhr, auch wenn keine überschüssige Wärmebildung vorhanden, doch etwas mehr an Wärme durch Verdunstung verloren wurde als bei Hunger, doch sind die Differenzen nur gering. Grösser sind sie nur dort, wo ein reichliches Mehr an Wärme kam, bei 31°; die grosse Fleischmenge lieferte schon bei 22° ein erhebliches Mehr an Wärme, und eine weitere sehr grosse Steigerung bei 31°, die indes mit einer Mehrung des Wärmeverlustes an Leitung und Strahlung verbunden war. Allem Anscheine nach vermochte der Hund unter 22° trotz der Vermehrung dieser Wärmebildung das Mehr auf dem Wege der Strahlung und Leitung los zu werden.

Die durch den gesteigerten Stoffumsatz bedingte Wärmemehrung nimmt bei niedrigen Temperaturen wesentlich durch die stärkere Hautdurchblutung ihren Weg nach aussen, bei hohen Temperaturen neben dieser zumeist durch die Verdunstung.

Die beiden Factoren sind also die wesentlichen innerhalb des Gebietes der physikalischen Regulation, welche zur Entwärmung dienen.

Hat man auch oft davon gesprochen, dass die Haut ein wichtiges Organ für die Wärmeregulirung sei, indem sie durch Blutreichthum oder -Armuth, Gefässweite oder Contraction die Wärmeabgabe ändern könne, so fristete diese Anschauung doch ein höchst kümmer-

---

[1]) Die relative Feuchtigkeit war:

	Hunger	Fleisch	Fleisch
Bei 5°	53	52	—
„ 15°	23	26	29
„ 22°	—	29	29
„ 31°	23	29	25

liches Dasein, insoferne, als die Annahme, der Körper regulire ausschliesslich seine Temperatur durch Mehr- oder Minderproduction an Wärme, eine solche Regulirung so ziemlich unnöthig machte und ihr eine ganz untergeordnete Rolle zuschob.

Meine Untersuchungen haben zum erstenmale erwiesen, dass eine zweite Art der Regulirung besteht, ebenso wichtig, wie die bis dahin angenommene, für welch' letztere ich den Ausdruck chemische Regulation vorgeschlagen habe. Ueber die Betheilung des Blutstromes hinsichtlich der Wärmeabgabe werden wir weiter unten noch zu sprechen kommen.

XIV. Capitel.

Betrachtungen über die Wärmeregulation des Menschen.

Da es unsere Hauptaufgabe sein wird, die Gesetze des Energieumsatzes auch für die Ernährung des Menschen zu verwerthen, so ist es von grösstem Interesse, fürs erste die Art der Wärmeregulation bei demselben näher kennen zu lernen.

Die Untersuchungen nach dieser Richtung sind, was die ältere Literatur anlangt, sehr spärlich und zum grössten Theile höchst lückenhaft. Von den Angaben *Lavoisier's, Speck's* u. s. w. mag vorläufig ganz abgesehen sein. Die einzigen, welche sich wenigstens auf die Wirkung von Kälte und Wärme während längerer Dauer erstrecken (je 6 Stunden), sind neun Experimente, die im Juni und Februar 1876 von *Voit* an einem gesunden, ruhenden Menschen ausgeführt worden sind, und zwar im nüchternen Zustande der Versuchsperson. Die letzte Mahlzeit wurde den Abend vor den Versuchen aufgenommen. Neben der Kohlensäureausscheidung wurde auch der ausgeschiedene Harnstickstoff bestimmt. Es war weiter darauf geachtet worden, dass die Versuchsperson sich möglichst ruhig hielt und nicht durch beliebige Muskelbewegungen eine Störung hervorrief, die gefundenen Kohlensäuremengen, auf 1 Stunde berechnet, waren (70 *kg* Lebendgewicht):

Temperatur	CO_2 in *g*
4·5	35·1
6·5	34·3
9·0	32·0
14·3	25·8
16·2	26·4
23·7	27·4
24·2	27·6
26·7	26·6
30·0	28·3

Von 14·3° abwärts steigt hier die Kohlensäureausscheidung, sie nimmt aber nach der Höhe hin nicht ab. „Hier kann es keinem Zweifel mehr unterworfen sein, dass es nicht die willkürlichen Bewegungen sind, welche die Kohlensäuresteigerung hervorruft, denn der Mann

verhielt sich stets so ruhig als nur möglich; es muss aber bemerkt werden, dass er am Ende der ersten Kälteversuche, namentlich an dem vom 10. Februar (bei 4·5°), stark fror und vor Frost zitterte." [1])

Auch späterhin bemerkt *Voit* in seiner Abhandlung [2]) nochmals: „Ich bin jedoch vollkommen überzeugt, dass auch bei Ausschliessung jeder freiwilligen Körperbewegung doch ein Einfluss jener Factoren (der Kälte) auf die Zersetzung stattfindet."

Das Verhalten des Menschen zeigte sich — was die Nichtabnahme der Kohlensäure anlangt — nicht im Einklang mit der Wirkung der Wärme, die man sonst gemacht hatte, ein Erklärungsversuch konnte aber nicht gegeben werden.

Die weiteren Versuche von anderer Seite befassten sich mehr mit der Frage, wie eine Mehrung der Kohlensäureausscheidung in der Kälte zu erklären sei.

Nach meinen Untersuchungen an Thieren war es im höchsten Maasse wahrscheinlich, dass wir es bei dem Menschen mit einer in weitem Umfange bestehenden physikalischen Regulation neben der nach den niederen Temperaturen hin hervortretenden chemischen Regulation zu thun haben.

Aber es war ja nicht möglich, ohneweiters diese Frage für entschieden zu halten, da das vorliegende Material hierzu nicht zureichend war. Ich habe daher in den letzten 10 Jahren eine grosse Anzahl von Experimenten in meinem Laboratorium ausführen lassen, an denen sich namentlich *Wolpert, Lewaschew, Broden, Schattenfroh* betheiligt haben. An der Hand dieser an zahlreichen Versuchspersonen und unter sehr verschiedenen Versuchsbedingungen ausgeführten Reihen wird es möglich sein, die Verhältnisse genau vorzulegen.

Die Wärmeregulation des Menschen zeigt in vielen Richtungen zwar recht innige Anklänge an Vorgänge, die auch bei den Thieren bereits geschildert sind, aber auch wieder erhebliche Verschiedenheiten nach anderen Richtungen hin.

Im Wesentlichen besteht im täglichen Leben beim Menschen die Tendenz, sich von den äusseren Verhältnissen möglichst unabhängig zu machen und die Leistungen des Körpers möglichst gleich zu erhalten, eine Culturerrungenschaft, die ihn befähigt, seinem Berufe und Lebensaufgaben ungehindert von äusseren Bedingungen sich hinzugeben.

So bewegt er sich, wenn er frei in seinen Handlungen ist, fast immer innerhalb des Gebietes der physikalischen Regulation, der Wechsel des Blutkreislaufes, Hautanämie oder Hautdurchblutung und die Wasserverdunstung gleichen im Allgemeinen bei mittlerer Temperatur die Ungenauigkeiten der Temperaturregulirung ab, die seine willkürliche Regulation mittelst der Kleidung nicht völlig zu beseitigen

---

[1]) Biol. Bd. XIV, S. 80.

[2]) S. 131.

vermochte oder welche durch Uebercorrection der Kälte neu geschaffen sind. Den stärkeren Kälteeinwirkungen des Klimas tritt er zumeist überhaupt nur im arbeitenden Zustande entgegen. Nur den tropischen Hitzegraden gegenüber bedarf er aller seiner natürlichen Regulationsmittel, welche die Organisation des Körpers zur Verfügung stellt.

Es wird unsere Aufgabe sein, diese Kunst der Wärmehaltung, die der Mensch sich allmählich erworben, zu schildern, aber auch nachzuweisen, inwieweit die allgemeinen Schutzeinrichtungen der Warmblüter ihm von der Natur nicht versagt geblieben sind.

Wir haben bei dem Menschen zu scheiden zwischen einer durch die innere Organisation bedingte und mögliche Wärmeregulation, welche ich kurzweg als natürliche Wärmeregulation bezeichnen will, und einer anderen Art, welche als ein Culturgewinn aufgefasst werden könnte, der künstlichen Wärmeregulation, deren er sich heutzutage zumeist zu bedienen pflegt. Wir wollen die Thatsachen des Bestehens einer natürlichen Wärmeregulation vorausschicken.

Ich will nachstehend einige solche Ergebnisse nach unseren Versuchen zusammenstellen. Bei dem Experimentiren am Menschen tritt uns sofort entgegen, wie wesentlich für ihn die thermischen Empfindungen in erster Linie maassgebend sind. Die Kälte- wie die Wärmeempfindung begrenzen ein sehr beschränktes Temperaturgebiet und aus diesem heraus lässt sich der Mensch höchst ungern drängen. Namentlich gegen Kälte verhalten sich die meisten Versuchspersonen ungemein ablehnend, ja sie sind es im Experimente noch mehr als unter natürlichen Bedingungen.

Das wissenschaftliche Interesse an der Temperaturwirkung liegt aber beiderseits erheblich ausserhalb der durch Kälte- und Hitzeempfindung gezogenen engeren Grenze. Schliesslich ist es uns aber doch gelungen, vollkommen die ganze, den Menschen interessirende Temperaturscala experimentell zu untersuchen.

Die Experimente wurden zumeist sechsstündig ausgeführt, bei sehr exceptionellen Bedingungen auch wohl nur vierstündig. Die Versuchsperson befand sich in unserem Respirationsapparate, also in annähernd ruhender Luft und bei mittlerer Feuchtigkeit, die auf etwa $40\%_0$ regulirt wurde.

Zum Theile wurden die Experimente am völlig Unbekleideten, zum Theile bei leichter Bekleidung oder unter Variation dieser überhaupt vorgenommen.

Die Kleidung war im Durchschnitt 2·06 *mm* dick, von 0·065 Flächengewicht — wenn man von der Fussbekleidung absieht — und hatte rund 0·26 specifisches Gewicht.

Wie ich früher eingehend nachgewiesen habe, hat die Art der Ernährung beim Thiere einen sehr grossen Einfluss auf die Wasserdampfausscheidung, unter Umständen auch auf die Wärmeproduction selbst. Für den Menschen kann ich dasselbe angeben, und werde

anderenorts auf diese neueren Versuche eingehen. Mit Rücksicht hierauf habe ich in allen die Frage der Wasserverdampfung berührenden Experimenten meines Laboratoriums eine gleichartige Diät innehalten lassen. Die Ernährung entsprach im Ganzen gemischter Kost nach freier Wahl; in der den Versuch beeinflussenden Zeit wurden bestimmte Mengen der Kost gereicht.

Die Ernährung war so geregelt, dass der Versuch 2 bis 3 Stunden nach dem Frühstück begann. Letzteres bestand aus 75 *g* Schinken, 65 *g* Weissbrot und 400 cm^3 Bier.

Alle bis jetzt am Menschen ausgeführten Versuche weisen in gewissem Sinne noch einige Lücken auf, die man vielleicht im Laufe der Jahre unter recht glücklichen Umständen wird ausgleichen können.

Einmal verfügen wir noch über gar keine Kälteversuche, welche über lange Zeit, also auf 24 Stunden, ausgedehnt wären. Nur wenn solche einmal ausgeführt sind, wird es möglich sein, die Grösse der chemischen Regulation genau mit den Thierexperimenten zu vergleichen.

Es ist mehr als wahrscheinlich, dass unsere Kälteversuche nicht die volle Wirkung der niedrigen Temperaturen geben, und dass wir in vollen Tagesreihen oder selbst mehrtägigen Versuchen grössere Ausschläge zu erwarten hätten.

Wir haben durch das Bestreben, absolute Muskelruhe zu erhalten, eine Bedingung eingeführt, die dem täglichen Leben nicht voll entspricht. Auf die Dauer wären diese Zustände nicht zu ertragen gewesen. Schliesslich erlahmt unser Widerstand gegen das ruhige Ertragen der Kälte, das liegt an dem Kälteschmerz, der sich namentlich an Händen und Füssen in unangenehmster Weise bemerkbar macht, vielleicht auch darin, dass die Hautgefässecontraction allmählich erlahmt.

Eine starke Erniedrigung der Lufttemperatur würde aber einer mehrtägigen Durchführung von Versuchen nach unserer Erfahrung aus einem weiteren Grunde ein Hindernis setzen. Man findet in der Literatur gar oft die Angabe über eine schlaffördernde Wirkung der Kälte. In dieser allgemeinen Form ausgesprochen ist diese Behauptung ganz gewiss unrichtig. Wir haben mehrfach beobachtet, dass kühle Temperaturen von 12 bis 14° in leichter Bekleidung — also ohne jede weitere Bedeckung und beim Liegen auf einfacher Matratze — den richtigen Schlaf nicht zu Stande kommen lassen. Die Personen erwachen häufig, geweckt durch Kälteempfindung, bald von diesem, bald von jenem Körpertheile ausgehend.

Die einschläfernde Wirkung der Kälte macht sich erst unter Umständen, wenn die Körpertemperatur erheblich sinkt, geltend. Diese Zustände würden zur Folge haben, dass zwar die Wasserdampfabgabe sich wenig oder gar nicht änderte, dagegen erheblich der Gesammtumsatz an Stoffen. Tritt schliesslich in allmählicher Erschöpfung der

Schlaf ein, so würde sicherlich ein abnormes Sinken der Eigentemperatur nicht mehr gehindert werden können. Bei Wärme ist der Schlaf behaglich und dies tritt selbst bei hohen Temperaturen in Erscheinung, wenn nur die relative Feuchtigkeit sich niedrig hält.

Im gesammten Tagesmittel würde also möglicherweise durch den unruhigen Schlaf in der Kühle eine schärfere Ausprägung des Wärmezuwachses mit sinkender Temperatur sich erkennen lassen.

Ferner sind keine Experimente im vollem Hungerzustande ausgeführt worden. Auch die von Voit ausgeführten können als solche, welche den Hungerzustand darstellen, nicht angesehen werden.

Zumeist ging in unseren Versuchen eine kleine Mahlzeit zwei bis drei Stunden dem Experimente voraus. Aber immerhin werden diese Verhältnisse, namentlich bei hohen Lufttemperaturen, die Wirkung auf den Organismus etwas beeinflusst haben.

Ferner ist zu beachten die Kleiderwirkung. Sie ist bei freier Wahl jedenfalls sehr ungleicher Grösse. Wir haben nicht nur darauf gesehen, dass dieselbe stets gleich erhalten wurde, sondern in den einzelnen Fällen die nach Massgabe der physikalischen Untersuchung der Kleidung angemessene Wahl getroffen.

Wenn man bei einem langhaarigen hungernden Thiere die chemische Wärmeregulation schon von 20° ab ausfallen sieht, so kann man ungefähr schon ermessen, wie sehr die Kleidung eine solche Verschiebung dieser Grenze zwischen chemischer und physikalischer Regulation herbeiführen wird.

Endlich haben die Thierversuche bereits in dem Fettpolster oder dem Ernährungszustande ein Element von grösster individueller Bedeutung klar gelegt.

Alles in allem genommen wird man nicht glauben dürfen, mit der Untersuchung eines einzigen Falles am Menschen eine Klärung dieser Angelegenheit herbeizuführen. Das hat sich denn auch vollauf als zutreffend herausgestellt.

Sehr bald zeigte sich, dass, wie bei den Thieren, oder richtiger gesagt, in noch weit hervorragenderem Maasse als bei den Thieren, Versuche über die Wirkung der Temperatur sich gar nicht einwandfrei anstellen lassen, wenn man nicht von Anfang an die Verhältnisse der Feuchtigkeit der Luft mit heranzieht. Ohne Berücksichtigung der letzteren ist ein Verständniss auch der sonstigen Umsetzungen, wie der Kohlensäure, gar nicht möglich. Da wir es aber mit den schwankenden Verhältnissen der physikalischen Regulation zu thun haben, so war es auch gar nicht einmal angängig, nur die Kohlensäureausscheidung allein zu prüfen, sondern es musste zugleich neben derselben auch die Ausscheidung des Wasserdampfes controllirt werden, eine Seite der Frage, die überhaupt noch nicht direct verfolgt worden war.

Nach diesen Bemerkungen will ich einzelne der wichtigsten Beobachtungen hier anführen.

A.

Versuchsperson F.,[1]) 71 *kg*, gut genährt.

	Gramm pro Stunde	
Temperatur	CO_2	H_2O
14·1	38·9	45·0
17·4	23·1	29·6
23·5	30·5	54·4

Die Versuche bewegen sich innerhalb der üblichen Behaglichkeitsgrenze. Sie sind Mittel mehrerer Bestimmungen. Die Wirkung der kühleren Temperatur prägt sich hier auf das Deutlichste aus. Nackt bei 30·5 empfand die Person als zu kühl, die CO_2-Ausscheidung war 37·3 *g* pro Stunde.

B.

Person H., 58 *kg*, gut genährt.[2])

	Gramm CO_2 und H_2O pro Stunde			
	Trockene Luft (8% f.)		Feuchte Luft (84%)	
Temperatur	CO_2	H_2O	CO_2	H_2O
15	32·3	36·3	34·0	9·0
20	30·0	54·1	28·3	15·3
23	27·9	72·8	28·6	18·7
25	31·7	75·4	31·4	23·9
29	32·4	105·0	—	—

Auch diese Versuche lassen eine Einwirkung der kühleren Temperatur nicht vermissen, zeigen nach oben hin aber eine geringe Wirkung der Wärme, und zwar in dem Sinne eines allmählichen Ansteigens der Kohlensäureausscheidung, die bei 29° bereits so bedeutend ist, als die Erniedrigurg der Temperatur auf 15° als Zuwachs ergeben hatte.

Man sieht, dass zur Erkenntniss der Wärmewirkung offenbar grössere Intervalle herangezogen werden müssen. Die umfangreichste und vollkommenste Untersuchung gaben die von *Wolpert* in meinem Laboratorium an Person Br. ausgeführten Versuche, welche für jeden Temperaturgrad zwischen 10 bis 40° und für 2° angestellt worden sind.

C.

Person Br., 58 *kg* (Winter).
(Sommerkleidung.)

	Gramm pro Stunde	
Temperatur	CO_2	H_2O
2	29·8	37
10—15	25·1	28
15—20	24·1	19
20—25	25·0	23
25—30	25·3	43
30—35	23·7	84
35—40	21·2	112

[1]) Arch. f. Hyg. XXXVIII, S. 133.
[2]) Arch f. Hyg. XXIX, S. 33.

Die Ertragbarkeit hoher und niedriger Temperaturen umfasst hier volle 38° für dieselbe Bekleidungsweise. Allerdings sind die erregten Empfindungen nicht immer behagliche und normale gewesen, aber sie wurden von uns allen ohne jeglichen Schaden für die Gesundheit mitertragen. Für gewöhnlich hält man die Einwirkung starker Kälte und hoher Hitze für etwas ungemein Gefährliches, und zwar bis zu einem gewissen Grade mit Recht. Auch wir haben uns nur ganz allmählich entschlossen, schrittweise die Versuchsbedingungen zu variiren, nachdem wir gesehen, dass durch allmähliche Gewöhnung vieles, was anfänglich unerreichbar schien, erzielt werden kann.

Die Empfindungen waren schon von etwa 15° abwärts keine normalen; die Person hatte von hier ab bereits unter starkem Frostgefühl zu leiden. Auch bei dem Arbeiten mit dem Respirationsapparate empfindet man das Ungelenksein der Hände recht unangenehm. Bei 2° Wärme machte sich bei der Versuchsperson häufig Kälteschauer bemerklich und starkes Kältegefühl in den Beinen und Händen. Eine Erkältung ist aber niemals trotz dieser niedrigen Temperaturgrade eingetreten; wir schreiben dies der allmählichen Accommodation, die durch rationelle Anordnung der Versuche erleichtert wurde, zu.

Zwischen 15 und 26°, oder sogar noch etwas höher, befindet sich der Mensch bei angemessener Wärme, das Behaglichkeitsgefühl liegt näher dieser oberen als der unteren Grenze.

Wird die Temperatur von 26° überschritten, so kommt es zu steigendem Wärmegefühl und schliesslich zu Hitzegefühl. Aber selbst bei Bluttemperatur war eine bedrohliche Wirkung nicht im mindesten wahrzunehmen, was sich auch in der höchst geringfügigen Aenderung der Bluttemperatur ausprägte.

Die gleichmässige Ruhe, wie sie die Versuchsperson bei Kälte erzielte, kommt nur unter gewaltiger Willensanstrengung zu Stande. Kein in seinen Handlungen freier Mensch erträgt die Kälte in absoluter Ruhe, sondern er macht sich zu schaffen, um eine Mehrproduction an Wärme und die Vermehrung der Hautdurchblutung zu erhalten. Der völlig Unbeeinflusste würde vermuthlich ein stärkeres Ansteigen der Kohlensäureausscheidung nach der unteren Grenze hin zeigen, weil er sich mindestens so viel Bewegung machen würde, um eine höhere Behaglichkeitsgrenze zu gewinnen,[1]) und wenn diese Bewegungen zu unbequem werden, so legt man eben an Kleidung weiter zu.

Es ist aber auch zu erwarten, dass unter Umständen eine bessere Gewöhnung an die Kälte bei fortgesetzter Einwirkung sich ergeben würde, unter Steigerung des Nahrungbedarfes.

Die hohen Temperaturen von 40° wurden ohne die geringste Schwierigkeit ertragen; nur besteht Schlafneigung, welcher die Versuchsperson nicht nachgeben durfte und nicht nachgegeben hat.

---

[1]) Siehe weiter unten.

Eine nähere Betrachtung der Kohlensäureausscheidung lehrt Folgendes:

Ihr Maximum liegt bei 2° mit 29·8, ihr Minimum bei 40° mit 21·2 *g* CO_2. Für 38° Schwankung fiel die CO_2 um 28·8%, für 1° also um 0·75%, der entsprechende Werth für sinkende Temperatur ist + 1·36%. Eine Erhöhung der Zersetzung durch die kühle Temperatur wäre demnach nicht zu verkennen.

Allerdings existirt ein bedeutendes Temperaturintervall von 15 bis gegen 30°, innerhalb dessen die Temperatur ganz ohne Wirkung scheint. Die Person Br. hat gefroren, als die Kohlensäure noch nicht stieg, noch stärker war der Frost, als die Kohlensäure den erheblichen Anwachs bis 29·8 zeigte. Den letzteren nur auf die zeitweise auftretenden zitternden Bewegungen zu setzen, begegnet insoferne Bedenken, als eine Aenderung der Kohlensäureausscheidung trotz Zitterns in den anderen vorhergehenden Versuchen ganz vermisst wurde.

Frost und Zittern finden sich beim Menschen also sicherlich schon ausserhalb der Grenzen der physikalischen Regulation, wie weit, das mag individuell verschieden sein und hängt von der Art der Hautpflege ab. Durch diese Thatsache wird verständlich, warum wir immer wieder in erster Linie den Charakteren der physikalischen Reaction bei dem Studium der Umsetzung, der Wasserdampfausscheidung u. s. w. begegnen.

Bei hohen Temperaturen fehlt trotz des Gefühles der lästigen Wärme jede Aenderung der Kohlensäureausscheidung. Eine Erschöpfung oder sonstige abnorme Erscheinungen waren bei den höchsten Lufttemperaturen auch nicht eingetreten. Eine über kleinste Differenzen hinausgehende Temperatursteigerung des Körpers haben wir nicht wahrgenommen.

Die bei Temperaturen von 30 bis 35, 35 bis 40 vorkommende Verminderung der Kohlensäureausscheidung ist eine zweifellos festgestellte, aber doch auffällige, bis jetzt anderweitig nicht nachgewiesene Erscheinung. Wir kommen auf sie zurück.

Weit grössere Unterschiede als die Kohlensäureausscheidung des Menschen zeigt die Wasserdampfausscheidung. Sie war in dem grossen untersuchten Intervalle von 2 bis 40° jederzeit so gut wie völlig insensibel; nichts verräth uns die grossen Differenzen der Ausscheidung. Wie ich zuerst am Meerschweinchen und Hunde und dann am Menschen gezeigt habe, liegt ein Minimum der Wasserausscheidung bei mittlerer Lufttemperatur — bei der üblichen Stubentemperatur.

Das untere Maximum der Wasserdampfausscheidung (in der Kälte) des Mannes Br. entsprach 888 *g* Wasserdampfabgabe für den Tag, das Minimum 456 *g*, das obere Maximum 2688 *g*.

Für dieselbe Versuchsperson habe ich allerdings, zeitlich getrennt von den vorstehend aufgeführten Versuchen, bei 18 bis 24° C.

und mittlerer Luftfeuchtigkeit die Lungenathmung für sich bestimmt und in der Ruhe bis zu 17 *g* pro Stunde gefunden = 408 *g* pro 24 Stunden. Man sieht, dass das Minimum der Wasserdampfausscheidung mit 456 *g* täglich in ganz überwiegendem Maasse durch die Lungenathmung gedeckt wird, und unter solchen Umständen recht wenig für die Hautathmung verbleibt.

Aehnliches ergab sich durch Rechnung für die von mir und *Lewaschew* untersuchte Person.

Die Steigerung der Wasserverdunstung bei niedriger Temperatur ist nicht etwa dadurch zu erklären, dass die eingeathmete Luft bis zur Sättigung für die Ausathemtemperatur mehr Wasser aufnimmt, als bei höherer Lufttemperatur; denn man nimmt für niedere Lufttemperatur auch eine niedrigere Ausathemtemperatur an, wodurch die Vermehrung der Aufnahmsfähigkeit für Wasserdampf durch niedrigen absoluten Wassergehalt bei der Einathmung so gut wie völlig übercompensirt wird.

Auf die Vermehrung wirkt die mit steigender Kohlensäureausscheidung verbundene Zunahme der Athemfrequenz und Athemtiefe, aber vielleicht hat auch eine Zunahme der Hautathmung daran ihren Antheil, weil bei niedrigen Lufttemperaturen die Trockenheit der Kleidungsluft und die Grösse der natürlichen Kleidungsventilation einen Zuwachs erhalten dürfte.

Bei den hohen Temperaturen verdanken wir die Zunahme der Ausscheidung fast ausschliesslich der lebhaften Hautathmung.

Kohlensäureausscheidung und Wasserdampfabgabe weisen, graphisch betrachtet, verschiedene Curven auf; erstere hängt von den Stoffzersetzungen, letztere von der Entwärmungsweise des Körpers ab. Wenn man die Menge des ausgeschiedenen Wassers durch die ausgeathmete Kohlensäure dividirt, erhält man einen Quotienten, den ich Entwärmungsquotienten nennen möchte, da er in der That ein Ausdruck für die Art der bestehenden Wärmeabgabe sein kann. Er zeigt, in welchem Maasse die Entwärmung des Körpers auf Kosten des Wasserdampfes geschieht. Eine idealere Lösung für den Quotienten liess sich geben, wenn statt der CO_2-Ausscheidung direct die Wärmeproduction bekannt wäre.

Der Entwärmungsquotient hängt von den Schwankungen der relativen Feuchtigkeit und von der Temperatur der Umgebung ab, wie die Versuche zeigen. So findet sich:

Bei			2^0	1·24	als Quotient
„	15	bis	20^0	0·79	„ „
„	35	„	40^0	5·3	„ „

Dem Minimum entspricht also rund 0·8 als Quotient, von hier ab streben die Zahlen immer höheren Werthen zu. Unter diesen muss es aber einen physiologischen Grenzwerth geben, der dann erreicht wird, wenn ohne Störung der Eigentemperatur das verdunstende

Wasser eben hinreicht, das Wärmegleichgewicht zu erhalten. Dieser Werth wäre zu berechnen, wenn man die gesammte Wärmeproduction gemessen hätte. Er würde in diesem Falle = 1 werden müssen. Wenn man eine Berechnung des calorischen Werthes unter der Voraussetzung macht, dass von Eiweiss, Fetten und Kohlehydraten eine Mischung, wie sie beim Ruhenden sich in der Kost zu finden pflegt, umgesetzt worden sei, so sollte auf 1 *g* CO_2 2·82 Cal. an Wärme kommen und diese letztere wieder durch $\frac{2{\cdot}82}{0{\cdot}6}$ *g* Wasser gebunden werden, also 1 *g* CO_2 : 4·7 *g* H_2O würde dem höchsten Entwärmungsquotienten entsprechen. Er kann nur aus zwei Gründen überschritten werden (wenn man von einer Aenderung der Zersetzung absieht), durch eine starke Schweisssecretion bei ungenügender Verdunstung und durch starke Schweisssecretion bei Aufnahme von Wärme aus der umgebenden Luft (wenn letztere über Blutwärme liegt).

Nehmen wir pro 1 *g* CO_2 2·82 Cal. und die latente Wärme des verdampften Wassers zu rund 0·6 Cal., so ergibt sich stufenweise:

Bei	15	bis	20°	68·2	Cal.	als	Prod.	11·4	Cal.	verdampft	= 16·7%
„	25	„	30°	71·6	„	„	„	25·8	„	„	= 30·6%
„	35	„	40°	60·0	„	„	„	67·2	„	„	= 112 %

Macht der Wärmeverlust bei 15 bis 20° 16·7% aus, so steigt die Betheiligung der Wasserverdunstung an der Entwärmung bei 25 bis 30° schon auf über das Doppelte und bei 35 bis 40° wird durch das verdampfende Wasser mehr Wärme gedeckt als producirt wurde, offenbar zum Theile deshalb, weil eine directe Anwärmung des Organismus durch die über Blutwärme liegende Luft stattgefunden hat, welcher Ueberschuss durch Mehrproduction an Wasser beseitigt wurde. Der Körper bedient sich der Strahlung und Leitung nicht mehr, sondern nur der Verdampfung.

Die Wasserverdunstung beginnt also nicht von einer bestimmten Grenze ab, um plötzlich als Regulationsmittel zu fungiren, sondern zeigt sich in steigendem Maasse betheiligt mit zunehmender Temperatur; für je 1° Temperaturzunahme steigt bei 30 bis 35° die Wärmebindung durch Wasserverdampfung zehnmal so stark als bei niedrigeren Temperaturen. Bei steigender Wärme stehen bei niedriger Temperatur entweder durch Verminderung der Zersetzung, welche aber in dem vorliegenden Falle keine sehr hervorragende Rolle spielt, oder durch Mehrung der Hautdurchblutung günstige Wege der Entwärmung offen. Bei Bluttemperatur war durch die gleichzeitige Minderung der Zersetzung nicht der gleiche Zuwachs erforderlich.

Ehe wir weiter die Ergebnisse betrachten, stelle ich in nachfolgender Tabelle noch die Versuchsergebnisse oben mit denen überein, die *Wolpert* an derselben Versuchsperson so gewonnen hat, dass dieselbe nicht nur der Variation der Temperatur, sondern auch noch mehr oder minder lebhaft bewegter Luft ausgesetzt wurde. Dadurch

wurde der Wärmeverlust durch Leitung stark oder minder stark erhöht.

Tabelle 89.

Kohlensäureausscheidung bei einem Manne von 58 *kg* pro Stunde.
(Mittlere Feuchtigkeit.)

Temperatur	Windstille	Wind 1 *m* Geschw. pro 1″	Wind 8 *m* Geschw. pro 1″	Wind 16 *m* Geschw. pro 1″
2	29·8	—	—	—
10—15	25·1	28·3	30·0	—
15—20	24·1	—	30·1	—
20—25	25·0	—	28·0	—
25—30	25·3	22·2	24·4	—
30—35	23·7	—	21·6	—
35—40	21·2	22·2	22·1	23·1

Die Versuche ergeben, dass, wenn man mittelst des Windes den Wärmeverlust variirt, sich auch unbedingt das Bestehen einer chemischen Regulation nachweisen lässt. Bei 10 bis 15° sieht man stufenweise mit zunehmendem Wind die Mehrung der Kohlensäureausscheidung, die sich dann allmählich verliert gegen 35 bis 40° und hier in allen Fällen mit niedrigen Zahlen endet. Die Thatsache, dass zwischen 30 bis 40° also geringere Kohlensäuremengen erscheinen wie unmittelbar vorher, wird durch alle Versuche bestätigt.

Das nicht unbeträchtliche Absinken der Kohlensäure ist ein Vorkommniss, das noch besonders betrachtet werden muss. Einfach es als einen chemischen Regulationsvorgang aufzufassen, ist ja unmöglich; vielmehr müssen es besondere Regulationsvorgänge sein. Jedenfalls spielen hier individuelle Besonderheiten mit, diesen kommen wir näher, wenn wir die Regulation bei einer Person betrachten, die körperlich möglichst abweichend, wie dieser Mann Br. gebaut war, ein Mann mit stark entwickeltem Fettpolster.

Tabelle 90.

Anselmino. Gramm CO_2 pro Stunde.
(Bekleidet.)

Temperatur	Reihe I Mittelfeuchte Luft	Reihe II		Bemerkungen
		30% F.	60% F.	
12	35·1	—	—	—
20	29·7	33·7	30·7	—
28—30	—	36·9	44·5	Bluttemperatur steigt um 0·1 bis 0·4°.
36—37	—	42·6	46·7	Bluttemperatur steigt um 0 bis 0·9°.

Die beiden Reihen liegen einige Wochen auseinander, während deren das Gewicht der Person nicht unerheblich zugenommen hat.

Die chemische Regulation zeigt uns für mittlere Feuchtigkeit die Reihe I, in Reihe II sehen wir aber einen ganz anderen Verlauf der Kohlensäurezahlen in Abhängigkeit von der Temperatur als bei dem Mageren.

Dieselben sinken nicht weiter, sondern sie steigen unter gleichzeitigen, allerdings minimalen Aenderungen der Bluttemperatur bei trockener Luft. Der Fettbestand des Körpers ist demnach ein Factor, der den Gang der Kohlensäureausscheidung in Abhängigkeit von der Temperatur wesentlich beeinflusst.

Neben dem Körperzustande sehen wir aber noch einen zweiten wichtigen Einfluss aus den gleichen Versuchen hervorgehen, nämlich den der Luftfeuchtigkeit. Während bei 20° in feuchter Luft sogar etwas weniger an Kohlensäure erhalten wurde wie in trockener, nehmen die Werthe in feuchter Luft viel rapider zu.

Der Magere hatte bei 20° etwa 19% Wärme durch Wasserverdunstung verloren, der Fette in trockener Luft bereits 35%. Die verdunsteten Wassermengen bei dem Fetten und Mageren sind aber bei 36 bis 37° keineswegs, bezogen auf die Gesammtwärme, so sehr ungleich. Denn wenn man die verdunstende Wassermenge berechnet, so trifft auf sie bei 36 bis 37°:

Beim Mageren	Beim Fetten
112%	102%

Bei dem Fetten legt sich zwischen der durch den Schweiss gekühlten Haut und des wärmer werdenden Körpers innen die trotz ihrer Gefässe den Wärmeaustausch hindernde Fettschicht.

Einen dritten wichtigen Factor für den Gang der Wärmeregulation haben wir in der Bekleidung, auf die wir später zurückkommen, die wir aber hier unbedingt hervorheben müssen, da sie ja einen sehr variablen Factor darstellt. Bei dem fetten Manne wurde bei völlig nacktem Zustande und mittlerer Feuchtigkeit, beziehungsweise trockener Luft gefunden:[1])

Bei 25° 31·7 *g* CO_2 pro Stunde
„ 30° 34·5 *g* CO_2 „ „
„ 38° 32·6 *g* CO_2 „ „

Hier unterscheiden sich die Werthe von 25 und 38° nur sehr wenig, das Steigen der Kohlensäureausscheidung, wie bei dem Bekleideten, fällt weg. Die Temperaturzunahme des Körpers betrug bei 38° 0·1 bis 0·2°.

Somit stellt sich also der Gang der Wärmeregulation bei hoher Temperatur beim Menschen als ein Vorgang dar, der sehr verschieden

---

[1]) *Schattenfroh* l. c.

verlaufen kann, nämlich unter Sinken der Kohlensäureausscheidung, unter Gleichbleiben oder endlich unter Zunahme derselben.

Die Curve der Kohlensäureausscheidung wird bestimmt durch den Körperzustand, die Kleidung und durch die Feuchtigkeit.

Die Mehrung der Wärmebildung könnte man geneigt sein nur als Folge einer „Ueberwärmung" anzusehen; allein dem steht entgegen, dass die Zunahme der Bluttemperatur auch bei dem vielstündigen Versuche sich so gut wie überhaupt nicht ausprägte. Auch in anderen Versuchen, wo die Temperaturzunahme grösser war, waren die Wirkungen nicht immer der Temperaturzunahme parallel.[1])

Man muss daher annehmen, dass es einen Einfluss gibt, der einer wirklichen Ueberwärmung, die thermometrisch nachweisbar ist, vorhergeht und eine Mehrung des Stoffumsatzes einleitet.

Dies geht auch noch aus Versuchen hervor, die bei dem Arbeitenden angestellt worden sind. Der Fette leistete eine gleichheitliche Arbeit am Ergostaten. Dabei fand sich:

Temperatur	Trockene Luft	Feuchte Luft
20	47·8 *g* CO_2	46·4 *g* CO_2
28—30	47·3 *g* CO_2 (+ 0·1°)	48·0 *g* CO_2 (+ 0·4°)
36—37	50·3 *g* CO_2 (+ 2·3°)	60·7 *g* CO_2 (+ 0·9°)[2])

Trotz der grossen Temperatursteigerung bei 36 bis 37° und trockener Luft (+ 2,3°) war die CO_2-Zunahme nicht viel grösser, aber in feuchter Luft ganz gewaltig, obschon die Zunahme der Körperwärme nur 0·9° in $3^1/_2$ Stunden betrug.

Man kann also diese Steigerungen der Kohlensäureausscheidung nicht als eine einfache Function des Zuwachses der Eigentemperatur ansehen.

Neben der Steigerung der Kohlensäureausscheidung bedarf ihre Minderung bei hoher Temperatur noch einer Erklärung. Man könnte zunächst an eine vollkommene Erschlaffung des Muskelsystems denken, wie sie im Schlafe eintritt. Dem widerspricht jedoch, dass gerade bei feuchter Luft das Ermüdungsgefühl ein viel ausgeprägteres ist, als bei trockener Luft und bei Sinken der Kohlensäure. Eher möchte man vermuthen, dass eine Aenderung der Athemarbeit mitspielt, welche, so lange der Schweissausbruch sich noch nicht ausgebildet hat, grösser sein könnte, wie dann, wenn die starke Verdunstung eintritt und diese die Entwärmung begünstigt.

Bewiesen ist aber ein solches Vorkommniss zur Zeit noch nicht. Endlich wäre es möglich, dass bei den höheren Temperaturen von 25 bis 30° eine gewisse den Stoffwechsel anregende Wärmestauung zu Stande kommt, welche erst, wenn die profuse Wasserverdunstung

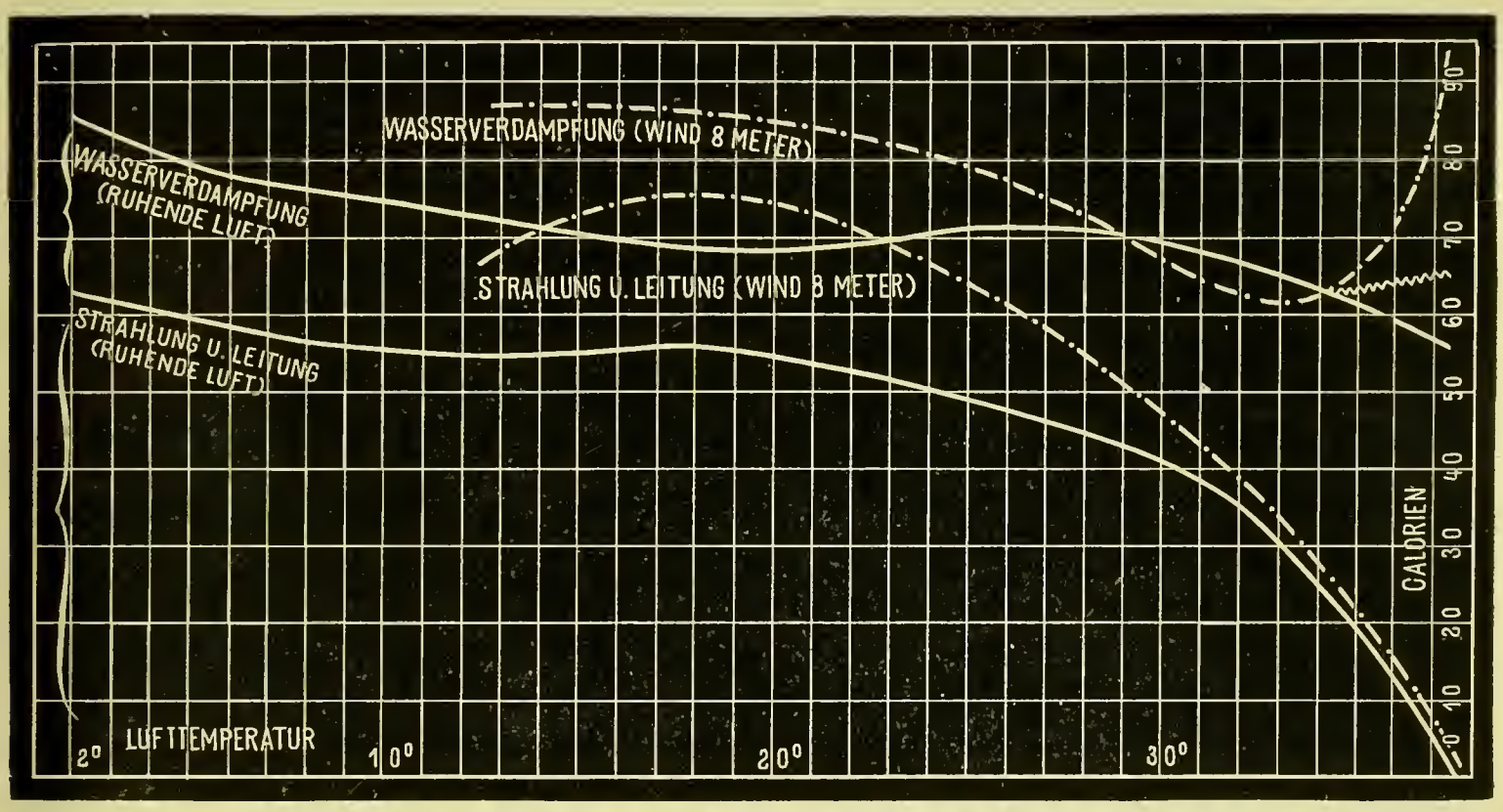
---

[1]) *Schattenfroh*, Arch. f. Hyg., Bd. XXXVIII, S. 100.

[2]) Nur $3^1/_2$ Stunden. Die Zahlen in Klammern bedeuten den Wärmezuwachs des Körpers.

sich geltend macht, wieder wegfällt. In der That ist die Hitzeempfindung oft zwischen 25 bis 30° auch in trockener Luft noch recht drückend, während beim Steigen der Temperatur mit der gesteigerten insensiblen Wasserabgabe eine Erleichterung fühlbar wird. Mehrfach lassen sich auch Beispiele für ein solches Parallelgehen des Sinkens der Kohlensäureausscheidung und der steigenden Wasserverdampfung finden und diese letztere ist ja so gewaltig, dass sie meist mehr an Wärme binden kann, als überhaupt entstanden ist. Einen Ausnahmsfall stellt aber jener dar, wenn, wie bei dem Fetten, die Verdunstungskälte, wegen einer schlecht wärmeleitenden Schicht sich nicht genügend Wirksamkeit verschaffen kann.

Fig. 5.



In welchem Maasse beim Menschen die Abhängigkeit seines Gesammtkraftwechsels, sowie der Wege des Wärmeverlustes an den Schwankungen der Lufttemperatur zu erweisen ist, gibt vorstehende graphische Darstellung (Fig. 5). Bei einem mageren Manne von 58 *kg* Gewicht in Sommerkleidung wurden die Versuche zwischen 2° bis 40° bei geringer, gleichbleibender Luftfeuchtigkeit ausgeführt. Man sieht, wie mit von 2° an steigender Temperatur die Gesammtwärmebildung abnimmt, aber doch nicht sehr erheblich bis 40°. Zieht man von diesen Werthen die Wärmemenge ab, welche durch das durch Haut und Lunge verdampfte Wasser gebunden worden ist, so bleiben als wesentlicher Wärmeverlust „Strahlung und Leitung" übrig.

Leitung und Strahlung zeigen ein sehr gesetzmässiges Verhalten, sie sinken, je wärmer es wird; namentlich von 30° ab nimmt Strahlung und Leitung rapid ab. Die Wasserverdunstung aber

gleicht sozusagen diese Abnahme der Wärmeabgabe wieder etwas aus. Sie hat ihr Minimum bei 18 bis 20°, von hier ab compensirt sie in rasch steigendem Maasse die Einbusse an Strahlung und Leitung. Bei 37·5° deckt die Wasserverdunstung die ganze Menge der erzeugten Wärme.

Die graphische Darstellung Fig. 5 lehrt, dass der Mensch bei verschiedenen Temperaturen sich in ganz verschiedenem Körperzustande befindet, was sich im Wesentlichen, neben dem ungleichen Grade der Wärmeproduction, namentlich in einer ganz ungleichen Art der Thätigkeit seiner Regulationseinrichtung ausdrückt. Dies werden die folgenden Zahlenangaben noch näher erläutern.

	Wärmebildung in Cal. pro Stunde	Cal. Werth des verdampften Wassers	Procentverlust	
			durch Wasser	durch Strahlung und Leitung
Bei 2°	84·0	22·2	26·4	73·6
„ 15 bis 20°	68·2	11·4	16·7	83·3
„ 25 „ 30°	71·6	25·8	36·0	64·0
„ 35 „ 40°	60·0	67·2	112·0	—

Der mit der Höhe der Lufttemperatur abnehmende Wärmeverlust war begleitet von einer Steigerung der Hauttemperatur, ohne diese würde das Sinken des Wärmeverlustes durch Strahlung und Leitung noch rapider sein. Das Steigen der Hautwärme ist also zugleich eine Begleiterscheinung der wachsenden Wasserverdunstung, an welcher wesentlich die Haut betheiligt ist.

Die vorliegenden Zahlen sind nur ein Beispiel der unter verschiedenen Umständen in ihren Aeusserungen wachsenden Regulation.

Anmerkung. Ich muss hier einschalten, dass die Berechnung der Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung beim Menschen, namentlich beim Bekleideten auf Schwierigkeiten stossen kann. Ist die Kleidung durchnetzt und Windbewegung vorhanden, so kann die Verdunstungskälte eine so grosse werden, dass die Temperatur der benetzten Stellen unter die Lufttemperatur sinken kann. In diesen Fällen kann sonach eine Wärmeentnahme zu Verdunstungszwecken von Seite der Luft selbst eintreten. Im calorimetrischen Versuche würde dieser Fehler rechnerisch wieder abgeglichen, weil dann eben der Luftwärmezuwachs kleiner würde, und zwar für das Gesammtresultat keinen wesentlichen, wohl aber für die Verdampfung selbst zu hohe Werthe bedingen musste.

Bei Temperaturen, bei denen die umgebende Luft einen höheren Wärmegrad besitzt als der Körper, kann die in dem verdunsteten Wasser gebundene Wärme erheblich die Menge der erzeugten Wärme überschreiten.

Im Allgemeinen finden wir also den Charakter der physikalischen Regulation beim Menschen besonders ausgeprägt, aber trotzdem kein völliges Fehlen der chemischen Regulation. Dies ist umsomehr zu beachten, als lange dauernde Versuche noch nicht vorliegen, und in allen Versuchen die der chemischen Regulation entgegenarbeitende Nahrungswirkung nicht ausgeschlossen

ist. Es besteht somit zwar eine grosse Wahrscheinlichkeit, dass im Allgemeinen die Nahrungswirkung und specifisch-dynamische Wirkung der Nahrungsstoffe sich deutlich ausprägen wird, daneben aber doch die Möglichkeit, dass in manchen Fällen ein mehr oder minder vollkommen compensatorischer Ausgleich gefunden werden kann.

Ich kann die Frage der natürlichen Wärmeregulation nicht verlassen, ohne auf die Art des Zustandekommens der chemischen Wärmeregulation einzugehen, oder richtiger gesagt, ob es überhaupt eine chemische Regulation bei dem Menschen gebe, welche nicht durch mehr oder minder grobe Muskelbewegungen hervorgerufen wird, die also etwas brutal in ihrer Erscheinung, doch genügenderweise die Eigenwärme aufrecht erhält.

Nachdem man erkannt hatte, dass die Wärmeregulation (chemische) in einer Mehrung des Umsatzes besteht, hat man sich weiters um die Quellen dieser Wärmebildung und die Art des Entstehens näher umgesehen. Kommen dabei nur gröbere Muskelbewegungen vor, oder feinere kaum sichtbare, Muskelspannungen u. s. w.? Gewiss ist, dass man bei den ersten Untersuchungen über diesen Gegenstand vielfach selbst das Unruhigwerden von Thieren zu wenig beachtet hat. Aber schon *Voit* hat auf den Umstand aufmerksam gemacht, dass es von Interesse sein müsste zu erfahren, inwieweit eine völlige Körperruhe auch mit dem Bestehen der Regulation vereinbar sei und hat sich selbst überzeugen können, dass willkürliche Bewegungen die Steigerung der Kohlensäure in der Kälte nicht wohl bedingen können. *Voit* hat, wie oben erwähnt, speciell am Menschen, bei welchem die Controlle der Vorgänge einfacher erscheint, Experimente bei völliger Körperruhe angestellt.

Ein allzu vieldeutiger Gebrauch wird in der Ernährungslehre von dem Ausdruck „ruhender Mensch" gemacht. Einmal versteht man darunter einen Menschen, der keine gewerbliche Arbeit leistet, ferner einen Menschen wieder, der sich z. B. nur im Hause aufhält und wenig Körperbewegung macht, ruhend wird ferner der Mensch genannt, der sich im Respirationsapparat aufhält, desgleichen derjenige, der bei Versuchen eine gleichmässige Ruhestellung einnimmt, ruhend endlich derjenige, der schläft, und solche Personen, die für kurze Zeit zu Experimentzwecken sich absolut regungslos verhalten.

Dass man bei diesem schwankenden Begriff auch keinen Einklang und Uebereinstimmung der experimentellen Ergebnisse findet und Unterschiede principieller Natur wittert, wo sie gar nicht bestehen, kann uns nicht Wunder nehmen.

Es ist also dringend erwünscht, dass jeder Experimentator über die Art des Ruhezustandes sich genauer äussert. Die Bedeutung der Bewegung für die Ergebnisse des Gesammtresultates am Thiere wie am Menschen hängt aber in hohem Maasse nicht nur von diesen Bewegungen, sondern namentlich von der Versuchsdauer ab. In kurz

dauernden Versuchen werden die Resultate in ganz anderer Weise beeinflusst als in längeren, zumal vollen Tagesversuchen.

Die „Kälteschauerhypothese", wie ich die Anschauung nennen will, die kurzweg in gröberen Muskelbewegungen den Regulationsact sehen will, hat namentlich, wenn man die Erfahrungen an Thieren betrachtet, etwas Erzwungenes und Unnatürliches.

Ich selbst habe mich vielleicht durch die umfangreichsten Versuche an Thieren belehrt, dass man auch bei andauernder Betrachtung der Thiere, welche einen durch thermische Einwirkung gesteigerten Stoffumsatz haben, keine Bewegungen sehen kann, die durch die Wärme und Kühle eingeleitet worden sind.

Es gibt Thiere, welche ungemein fein auf ganz geringfügige Schwankungen der Lufttemperatur reagiren, wofür ich einige Beispiele angeführt habe. Bei manchen Thieren setzt ferner die chemische Wärmeregulation, in vollen Tagesversuchen beobachtet, schon von 30° abwärts ein, ein Verhalten, das man doch ernstlich nicht damit wird erklären wollen, dass ziemlich regellose grobsinnliche Zuckungen, Zittern und Kälteschauer diese mit den Temperaturen regelmässig zunehmende Wärmemehrung hervorgerufen haben werden. Dass an der unteren wie der höchsten Temperaturgrenze gelegentlich, aber nicht immer ein anormales Verhalten der Thiere, das man kurzweg als Unruhe bezeichnen kann, beobachtet wird, habe ich mehrfach angegeben.

Der Beweis, dass die Thiere, welche die ausgeprägteste chemische Regulation zeigen, ihre Wirkungen auch im vollsten Ruhezustande, so weit es eben durch den Umstand zu beurtheilen ist, dass sie unausgesetzt auf derselben Stelle ruhend liegen bleiben, erkennen lassen, bedarf für mich keiner weiteren Belege.

Wenn *Johansson* sagt: Man ist nicht berechtigt, eine von allen Muskelbewegungen unabhängige chemische Regulation anzunehmen, da doch auch unwillkürliche reflectorische Muskelbewegungen, wie Zittern und Muskelspannungen auftreten können, so wirft er eine Behauptung auf, die niemand bestreiten wird. So lange man daran festhält, dass die Muskulatur sich an der Regulation betheiligt, müssen es eben irgend welche Muskeläusserungen sein, die dieses Ziel erreichen helfen. Nur eines ist direct wahrnehmbar, dass es zumeist nicht grobsinnliche Zuckungen im landläufigen Sinne sind. Welcher anderer Art sie sind, das wäre im besonderen erst festzulegen.

Andererseits ist durch die in meinem Laboratorium durch *Wolpert* ausgeführten Versuche am Menschen bekannt, dass die mechanische Arbeitsleistung auch geringeren Grades so viel wärmeerzeugend wirken kann, dass jede weitere regulatorische Einwirkung der Kälte auf den Menschen ganz ausgeschlossen wird.

Meines Erachtens kann man heutzutage, ohne mit zahllosen einwandfreien Experimenten in Widerspruch sich zu setzen, nicht mehr behaupten, dass der eine Vorgang der chemischen Regulation

nur auf grobsinnliche Bewegungen zurückzuführen sei. Man hat beim Menschen wie bei dem Thier längst darauf geachtet, dass die Versuche nicht durch das Aufstehen, Hin- und Hergehen u. s. w. gestört werden. Aber sicherlich überschätzt man auch diesen Einfluss auf die Gesammtergebnisse sehr. Wenn man Tagesversuche macht, so habe ich oft genug gesehen, dass die Kohlensäureausscheidungen bei gleicher Ernährung pro 24 Stunden ganz gleichmässig werden, obschon man dabei den Menschen natürlich die Freiheit zur Bewegung lassen muss. Perioden der Bewegung werden offenbar von entsprechenden Ruheperioden wieder abgeglichen.

Nach meiner Meinung können nur zwei Fragen aufgeworfen werden, einmal inwieweit die bei intensiver Kälte nicht zu behindernden unwillkürlichen Aeusserungen des Frostes wirken. Zittern, Schüttelfrost und die Anstrengungen dieser Bewegungen zu unterdrücken sind, seitdem man die regulatorischen Vorgänge einmal richtig aufgefasst hat, allgemein als Hilfsmittel der Regulation angenommen worden.

In zweiter Linie könnte man sich fragen, ob man willkürlich die Muskulatur so weit in ihrer Umsetzung hemmen kann, dass durch den Ausfall ihrer Zersetzung die chemische Wärmeregulation versagt. Dass man aber diese Gesichtspunkte nicht allein auf die chemische Regulation, sondern auch auf gewisse innerhalb der physikalischen Regulation vorkommenden Erscheinungen anwenden könnte und studiren könnte, liegt auf der Hand. Haben wir in unserem Willen die Möglichkeit, beliebig die Wirkung der Muskel herabzudrücken, so werden selbstverständlich ähnliche Erscheinungen sich ausbilden, wie nach Curaregaben, ein Absinken der Körpertemperatur. Es wäre nicht undenkbar, dass ein energischer Wille in ähnlicher Weise manche Muskeläusserungen, also auch feinere regulatorische lähmen und hindern kann, wie eine Vergiftung durch Curare.

Dabei wird man sich aber wieder weiter fragen, wie lange unser Körper einer solchen unzweckmässigen Einwirkung auf das Regulationsorgan Raum gibt. Schon von vornherein wird man annehmen können, dass man auf diese Wege kaum die Einwirkung bis zu einer lebensgefährdenden Erniedrigung der Eigentemperatur wird treiben können.

Somit handelt es sich wohl nur um vorübergehende Einwirkungen und solche nachzuweisen, wären auch alle bisherigen Experimente wohl geeignet. Immer sind es in der That kurz dauernde Experimente, welche angestellt worden sind.

Durch solche Versuche hat *Löwy* sich bemüht, den Einfluss des Kältezitterns u. s. w. durch Bestimmung der O-Zehrung mit dem *Zuntz*'schen Apparate zu bestimmen. Doch fielen die Bestimmungen insoferne doch nicht eindeutig aus, als in vielen Fällen doch Zittern und Muskelspannungen fehlten, wenn auch durch die Kälte die O-Zehrung erhöht war.

Später hat dann *Johansson*[1]) eine grosse Anzahl von solchen Versuchen mitgetheilt, bei welchen er durch Ablegung der Kleidung Abkühlungen hervorrief, unter sorgfältigster Vermeidung jeder Bewegung, und seiner Meinung nach bewies, dass eine chemische Wärmeregulation ohne Muskelbewegungen nicht existirt — wenigstens für den Menschen nicht.

Ich muss hier gleich bemerken, dass er seine Ergebnisse im Gegensatze zu calorimetrischen Versuchen, die *Rumpel* in meinem Laboratorium angestellt hat, setzen will. Ich hatte die Behinderung der Wärmeverluste von dem Arme durch verschiedene Art der Bekleidung messen lassen, mit dem Erfolge, dass jede Art der Bekleidung thatsächlich die Wärmeabgabe mindert. Das sind so einfach auszuführende Versuche, dass man sie in der Vorlesung vorführen kann.

Johansson hat aber dabei ganz übersehen, dass seine Methodik — wenigstens nimmt er dies an — den Gesammtkraftwechsel misst, während es sich bei *Rumpel* um die Behinderung von Strahlung und Leitung, aber nicht um vollkommene Feststellung des calorimetrischen Effectes handelt. Die beiden Ergebnisse von *Rumpel* und *Johansson* brauchen sich also gar nicht zu decken, weil ein Theil der wärmehaltenden Wirkung der Kleidung, um die es sich handelt, ja wieder beim Gesammtorganismus durch Wasserverdunstung gedeckt werden und compensirt werden könnte.

Genau besehen, kann man aber aus den Versuchen von *Johansson* ganz andere Schlüsse ziehen, als der Verfasser es thut.

Johansson macht Kohlensäurebestimmungen mittelst des Apparates von *Tigerstedt*, die ihm als Maass der Zersetzung dienen; da es sich um Versuche handelt, die meist im Ganzen 2 Stunden nicht überschreiten, so kann es vielleicht richtig sein, diese Methode anzuwenden; doch werden die Abgaben von $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde untereinander als getrennte Experimente behandelt.

Sicherlich ist die Genauigkeit der Methodik für die Messung der respiratorischen Abgaben nicht im entferntesten so zuverlässig wie die mittelst des *Zuntz*'schen Apparates. In einem Controlversuche mittelst einer kleinen Oellampe werden zwar im Ganzen statt 39·1 *g* CO_2 (S. 150) 37·8 wieder gefunden; vorausgesetzt, dass die Verbrennung des Oeles wirklich eine vollkommene war, was nicht bestimmt anzunehmen, ist dies eine genügende Uebereinstimmung für grössere Kohlensäuremengen. Aber in den einzelnen Zwischenzeiten von Viertelstunde zu Viertelstunde, also in analogen Zeiten wie die Versuche am Menschen ausgeführt sind, sind die Abweichungen doch sehr erheblich. Da bei den Menschenversuchen die letzteren procentisch berechnet werden, so müsste man dies analog auch bei der Prüfung der Methodik ausführen.

---

[1]) Skandin. Arch. f. Physiol. VII, S. 123, 1896.

Da findet sich:

	Gefunden	Berechnet
Als Abweichung nach der einen Seite . .	8·6 *g* CO_2	8·1
nach der anderen	7·9 *g* CO_2	9·0
demnach einmal	+ 6·2%	
und	— 12·2%	

Die Fehler der Methodik schwanken also um nicht weniger als 18·4% für die Viertelstundenbeobachtung.

Dazu kommen aber die bei jedem Thierexperimente und Versuche an Menschen absolut unvermeidlichen Fehler, die von dem Versuchsobjecte selbst herrühren. Diese spielen selbst bei 24 Stunden Versuchszeit noch mit, ebenso und in verstärktem Maasse bei mehrstündigen und noch erheblicher gar bei derartigen kurzen Versuchszeiten. Die Mittheilungen *Johansson*'s geben genügende Beispiele für solche Ungleichheiten in den Versuchszahlen, welche sich auf dieselben Bedingungen beziehen.

Wenn man also diese Methodik wirklich anwenden will, kann man auf die Resultate von Einzelversuchen wenig Gewicht legen, man wird nur grössere Reihen als beweiskräftig ansehen.

Wenn man die Gesammtergebnisse *Johansson*'s betrachtet, so widerlegen sie zunächst die Anschauung nicht, dass bei seinen Experimenten in den sogenannten Kälteversuchen im Allgemeinen eine Vermehrung der Kohlensäureausscheidung vorhanden war, obschon er sich die grösste Mühe gegeben hatte, absolut ruhig zu bleiben und alle Bewegungen auszuschliessen.

Die ersten Reihen sind angestellt zum Vergleiche über die Wirkung, welche das Ablegen von Rock, Weste, Hosen herbeiführt. Wie man aber aus der Zusammenstellung (Tabelle 8) ersieht, sind die Schwankungen der Kohlensäureausscheidung auch in den Experimenten, welche zur Controlle der sogenannten Kältewirkung angestellt wurden, viel zu gross, als dass man aus den Ergebnissen einen bindenden Schluss ziehen könnte. In ein und derselben Reihe finden sich z. B. (14. November 1894) Werthe für den Normalbekleideten von 34, 41, 24, 33[1]) oder (4. April 1894) 27, 31, 35. Sonach ist schon die Basis, auf welche die Wirkung der Entkleidung bezogen werden soll, unsicher, und entweder die angewandten Zeiten, oder die Zahl der Versuche im Verhältnisse zu den unvermeidlichen Fehlern viel zu klein. Die Versuche sind 2 bis 3 Stunden nach dem Frühstücke gemacht, fallen also in der Verdauungsperiode desselben völlig hinein.

---

[1]) Die Protokolle und Zusammenstellungen differiren wie mir scheint. Im ersteren wird die Zahl 24 angeführt, als CO_2-Zahl beim Entkleideten, in der Zusammenstellung für den Bekleideten.

Eine zweite Reihe vergleicht den Zustand bekleidet und nackt. Die vier völlig durchgeführten Versuche ergaben (S. 157):

Temperatur	CO_2 pro Stunde vor	während Einwirkung und Kälte	nach
18	25	43	17
14	22	31	25
13	25	35	30
17	27	31	27

Die Versuche dauerten $^3/_4$ Stunden, wovon $^1/_2$ Stunde als Vorversuch, $^1/_4$ Stunde für die Entkleidungsperiode, 1 Stunde für die Kältewirkung, $^1/_2$ Stunde als Nachperiode bekleidet. Die Versuchsperson war nüchtern.

Nimmt man das Gesammtmittel, so hätte man:

Temperatur	Vorperiode	Kältewirkung	Nachperiode
15·5	24·8	35·2	24·8

Die Wirkung des Entkleidens ist demnach nicht zweifelhaft, sondern entspricht einem Mehr von 41·5%.

In einer dritten Versuchsreihe hielt sich die Versuchsperson im künstlich gewärmten Bette und darauf folgend etwa 1 Stunde nackt, sitzend in kühler Umgebung auf und legte sich dann wieder zu Bette. Auch hier kommen vielerlei Abweichungen in den einzelnen Zahlen, wie sie bei kurzen Versuchen unvermeidlich erscheinen, vor. Legt man Vor- und Nachperiode und die Abkühlungsperiode zusammen, so hätte man nach meiner Berechnung:

Temperatur (des kalten Versuches)	CO_2 in der Wärme	Kälte
13·9	6·1	7·0
14·6	6·1	6·5
15·3	5·7	7·1
Mittel 14·6	5·96	6·87
18·8	6·1	6·3
19·8	6·4	6·2
Mittel 19·3	6·25	6·25
20·6 [1])	6·2	7·2
20·7	6·3	6·0
21·5	6·7	6·1
Mittel 20·9	6·4	6·4

[1]) Hierbei muss offenbar der ganz aus der Reihe fallende Werth 14·4 *g* CO_2 pro Stunde ausser Rechnung gebracht werden.

Demnach kann man nach dieser Zusammenstellung, die *Johansson* nicht ausgeführt hat, schliessen, dass die niederen Temperaturen sehr wohl einen Einfluss ausgeübt haben (mehr $CO_2 + 15{\cdot}3$), während von 19^0 ab diese Wirkung fehlt. Auch hier sind aber die Zahlen viel zu gering an Zahl, um sicher genug festzustehen. Alle drei Reihen lassen also eine Wirkung der Abkühlung recht wohl ersehen, die zum Theile, wie in der zweiten Versuchsanordnung, eine sehr grosse wäre, wenn nicht Bedenken gegen die Sicherheit der Zahlen aus dem eben angegebenen Grunde bestände.

Diesem Eindruck, dass es trotz grösster Körperruhe nicht ganz möglich war, ein Steigen der Kohlensäureausscheidung zu verhindern, vermag sich *Johansson* auch nicht ganz zu entziehen. Aber er glaubt, dass solche Ungleichheiten immer noch auf noch nicht ganz zu vermeidende Muskelbewegungen mit Zittern u. s. w. zurückzuführen seien.

Im Uebrigen ist zu bemerken, dass man Versuche, um die Grösse von thermischen Einflüssen nachzuweisen, nicht so anordnen kann, wie es *Johansson* gethan hat. Wir haben gezeigt, dass die Kohlensäureausscheidung in ihrem Verlaufe von der Lufttemperatur u. s. w. abhängig ist und eine Curve darstellt von verschiedenem Verlaufe. Sie kann von einem Minimum nach unten steigen, nach oben hin, bei der Steigerung der Temperatur gleichbleiben, abnehmen, anwachsen. Da darf man also nicht erwarten, wenn man zwei beliebige Temperaturen herausgreift, durch ihren Vergleich eine Antwort zu erhalten, wie die Temperatur einwirkt. Am zweckmässigsten wäre es zunächst festzulegen, wo die Grenze der physikalischen Regulation liegt und dann die Kälte wirken zu lassen.

Johansson ist zu seinen Schlüssen dadurch gekommen, dass er von den Endresultaten eine Reihe von Beobachtungen bei der Berechnung ausgeschlossen hat, nämlich jene, bei denen er glaubte, Zittern oder allergeringste Muskelbewegungen wahrgenommen zu haben.

Aber es ist natürlich gar nicht zu beweisen, dass Vorkommnisse, wie „einiges Zittern", wirklich die Grösse der Kohlensäureproduction geändert hat, denn welche Arbeit ein leichtes, vorübergehendes, ein stärkeres Zittern, ein Schüttelfrost verursacht, kann man nicht für sich beobachten. Es wäre auch wohl möglich, dass dem leichten Zittern, also den mikroskopischen Muskelbewegungen, noch andere den Muskelstoffwechsel mehrende Innervationsvorgänge parallel laufen. Es ist ferner nicht zu erweisen, ob nicht beim Menschen, oder wenigstens manchem Menschen in kurzer Periode die Wärmeregulation mit solcher starker Innervation und nachfolgender Ruhepause verläuft, also in periodischen Aenderungen, bei denen man eben die höheren Werthe nicht beliebig ausschalten kann.

Den Einfluss des Zitterns schätzt er so hoch, dass in einem Falle die Kohlensäuresteigerung 300% $5{\cdot}1 : 16{\cdot}1$ betrug. In anderen Fällen

ist bei der Bemerkung „Zittern" kein nennenswerther Zuwachs zu sehen, in anderen Fällen Mehrungen der CO_2-Ausscheidung ohne sichtlichen Grund.

Ich muss dem gegenüber betonen, dass ich bei länger dauernden Versuchen am Menschen, bei denen sich die Kälteeinwirkung über viele Stunden hinzog, niemals so hochgradige Mehrungen gesehen habe, vielfach fehlte trotz Zitterns jeder Kohlensäurezuwachs überhaupt. Daher könnte man nur annehmen, dass eben dem Zittern wieder andere Perioden folgen, in denen die Zersetzung erheblich absinkt, so dass schliesslich das Gesammtresultat eines längeren Versuches nicht sehr beeinflusst wird.

Man ist also bis heute nicht in der Lage, eine genaue Angabe über die Menge der Kohlensäure zu machen, die man unbedingt als eine Wirkung dieses Zitterns ansehen muss.

Nach den Anschauungen von *Johansson* müsste man aber bei den Versuchen nicht allein alles, was nur irgendwie als Bewegung aufgefasst werden könnte, ausschliessen, sondern er glaubt an einen noch viel weiter gehenden Einfluss des Willens auf die Muskulatur.

„Beim Zurückhalten der Muskelbewegungen oder des Zitterns darf man nicht jene Bewegungen durch eine Anstrengung zu bezwingen sich bemühen. Im Gegentheil, es muss jede Vorstellung von einer Anstrengung vermieden werden. Ebenso muss man jede Vorstellung, welche mit dem Frost in Zusammenhang steht, verjagen. Das ist zwar nicht immer so leicht und gewiss in der Länge nicht möglich, durch einige Uebung kann man aber dieses Vermögen erwerben betreffs kurzer Zeitperiode."

Da aber bis jetzt nicht einmal exact bewiesen werden kann, wie viel die zitternden Bewegungen zur Regulation beitragen, so ist es noch viel weniger ausgemacht, inwieweit die „Vorstellungen" von der Kälte ein die Muskulatur beeinflussendes Moment darstellen.

Nichts wäre praktischer, wenn es nur von unserem guten Willen abhängig sein würde, uns bei starker Kälte vorzustellen, es sei eben nicht kalt, und wenn damit die Wirkungen der Kälte auf den Organismus auch schon abgemacht wären. So wenig man die Vorstellung an den Frost dauernd verzögern kann, sonst hätten wir schon längst einen ausgedehnteren Gebrauch davon gemacht, so wenig lassen sich beim Gesunden auf die Dauer die Bewegungen, die zur Lageveränderung dienen, d. h. zur Abwechslung in der Arbeit der einzelnen Organtheile, beseitigen.

Thatsächlich, das kann man ja anerkennen, treten in einzelnen Versuchen *Johansson*'s Wirkungen auf die Körpertemperatur auf, indem diese bisweilen nicht unerheblich sinkt, also keine volle Regulation eintrat. Ich bezweifle auch nicht, dass man für kurze Perioden bei sehr niedriger Temperatur die krampfhaften Regulationsvorgänge mildern und eliminiren kann, aber exacte Beweise liegen nicht vor

und ebenso wenig ist zu erweisen, dass alle Regulationsvorgänge auf solche Bewegungen im wahren Sinne des Wortes zurückzuführen sind.

Eine energische Beeinflussung durch den Willen kann demnach, wie es scheint, für kurze Zeiten die Muskeln ähnlich lähmen, wie dies durch Curare in nachhaltiger Weise geschieht. Somit würden alle einschlägigen Versuche dieser Art als Beweise anzusehen sein, dass eben die Muskeln auch beim Menschen die Wärmeregulation mitbesorgen können.

Wir sind also genau so weit wie früher auch. Wir meinen und nehmen an, dass zitternde Bewegungen einen Theil der regulatorischen Wirkung in manchen Fällen erklären könnten. Aber wir wissen nicht, wie wir diese Grösse berechnen sollen. Es steht auch gar nichts im Wege, die mitunter gewaltsamen Vorgänge in die Regulation mit einzubegreifen, wenn sie nur thatsächlich das Ziel erreichen, den Körper auf seine normale Bluttemperatur zu bringen und ihn darauf zu erhalten.

Der Ausdruck chemische Wärmeregulation hat, wenn ich mich nicht täusche, von mancher Seite eine unzutreffende Definition erhalten. *Johansson* sagt: „Die Annahme einer von Muskelbewegungen unabhängigen chemischen Wärmeregulation wurde weiter durch die Arbeiten *Rubner*'s begründet." Das Bestehen der chemischen Regulation und ihre Definition hat mit der Frage, woher die dadurch erregte Wärme stammt, gar nichts zu thun. Unter der chemischen Regulation verstehe ich nur jene biologischen Vorkommnisse, bei welchen die Erhaltung der Eigentemperatur durch die Vermehrung der Wärmeproduction beim ruhenden Thier erzielt wurde. Das Wie dieses Entstehens hat mit der Thatsache des Bestehens einer solchen keinen derartigen Zusammenhang, dass die Modificationen der ersteren die letztere in Frage stellen könnte.

Wir wenden uns nunmehr der Frage der künstlichen Wärmeregulation und ihrem Mechanismus zu.

Es ist von einer gewissen Wichtigkeit, die Empfindungen, welche Kälte und Wärme hervorrufen, im Zusammenhange mit den Regulationsvorgängen, wie sie sich in der Kohlensäureausscheidung und Wasserdampfausgabe ausprägen, noch eingehender zu behandeln.

Wir bringen zu diesem Zwecke in Tabelle 91 vergleichende Untersuchungen, die am Nackten und Bekleideten von *Wolpert* und mir angestellt worden sind.

Sie zeigen bei 12 bis 15° das unangenehme Kältegefühl mit Zittern, welches sich besonders gegen Ende der Versuche jedesmal geltend machte. Bei 24 bis 26° hatte die Person weder Wärme- noch Kältegefühl, schon bei 27° trat gelegentlich der Stirnschweiss auf, der sich dann bei 32 bis 34° sozusagen regelmässig und in verstärktem Maasse geltend machte.

Die Versuche am Nackten lehrten, dass auch eine fettarme Person Temperaturen von 23 bis 27° bereits gut erträgt, aber es kam doch

vor, dass gegen Ende der Versuchszeit ein Kältegefühl, auch Zittern vorhanden war. Die Körpertemperatur liess irgend welche nennenswerthe Veränderungen nicht wahrnehmen. Temperaturen von 23 bis 26° und nackt entsprachen nicht ganz dem intensiveren Kältegefühl im leichtbekleideten Zustand bei 12 bis 13°. Von 33° ab war auch beim Nackten die Absonderung von Schweiss ganz unzweifelhaft erhöht, wenn schon derselbe ohne Schwierigkeit verdunstete.

Tabelle 91.

Versuche am Bekleideten.

Datum	Temperatur	Relative Feuchtigkeit	CO_2 pro Stunde	Wasser pro Stunde	Bluttemperatur	Bemerkungen
10. Mai 1897	12·8	50	27·9	55	37·3 —37·6	Unangenehm kühl, Zittern.
14. „ 1897	12·4	52	31·2	70	37·25—37·45	Unangenehm kalt, Zittern.
6. „ 1897	13·9	49	26·2	48	37·4 —37·60	Stets kalt. Zittern am Schluss.
5. „ 1897	15·3	49	24·2	44	37·2 —37·55	
14. Aug. 1897	24·9	53	23·9	27	—	Weder kalt noch warm.
2. „ 1897	25·8	52	22·9	39	—	—
23. Juli 1897	27·3	50	24·9	71	—	Zuweilen etwas Schweiss.
25. „ 1897	27·3	51	27·3	70	—	
4. Aug. 1897	27·7	50	24·3	58	—	
10. „ 1897	32·6	41	23·7	85	—	Fast stets Schweiss.
5. Juli 1897	32·6	42	28·2	101	—	Fast stets Schweiss, zuweilen stark.
9. Aug. 1897	34·0	47	25·0	138	—	
6. Juli 1897	32·9	43	28·0	72	—	
Versuche am Nackten.						
19. Aug. 1897	23·5	54	23 7	29	36·55—37·40	Kältegefühl, gegen Schluss Zittern.
17. „ 1897	24·0	50	24·0	29	—	Zuweilen kalt.
16. „ 1897	25·3	50	24·0	38	—	Selten Kältegefühl.
31. Juli 1897	25·9	51	24·8	35	—	Zuweilen kalt, gegen Schluss Zittern.
18. Aug. 1897	26·2	48	24·9	27	—	Weder kalt noch warm.
30. Juli 1897	26·4	48	24·4	35	—	Zuweilen kalt, gegen Schluss Zittern.
13. Aug. 1897	27·0	50	26·2	49	—	Weder kalt noch warm.
21. Juli 1897	27·3	51	25·3	52	—	Kältegefühl, gegen Schluss Zittern.
1. „ 1897	33·2	44	30 3	107	—	Stets Schweiss, oft stark.
2. „ 1897	33·3	41	26·7	109	—	
7. Aug. 1897	34·2	44	25·9	121	—	Schweiss häufig, oft sehr stark.
6. „ 1897	35·2	42	25·7	96	—	

Die Mittelzahlen liefern folgende Ergebnisse:

Versuchsperson Br.

Temperatur	Nackt		Sommerkleidung	
	CO_2	H_2O	CO_2	H_2O
33—34	27·1	108	26·2	98
26—27	24·7	39	26·6	53
12	—	—	28·4	59

Bei Sommerkleidung nimmt von 12 bis 33° die Kohlensäureausscheidung auch in diesen Versuchen ab, wie wir es auch in anderen Experimenten, die wir an derselben Person ausgeführt und oben mitgetheilt haben, gesehen haben. Die Wasserdampfausscheidung fällt zunächst bei 26 bis 27 unter die bei 12° beobachtete Zahl und steigt dann erheblich bei 33 bis 34°.

Bei den Versuchen ohne Kleidung zeigt sich beim Steigen von 26 auf 34° eine kleine Zunahme der Kohlensäure- und eine starke Zunahme der Wasserdampfabgabe. Bei 20° lässt sich deutlich sehen, dass die bessere Erwärmung der Versuchsperson durch die Kleidung die Wasserdampfabgabe mehrt; bei 33° dagegen verdunstet die freie Haut mehr als die bekleidete, weil die Kleidung durch Minderung der Luftcirculation und Zunahme der relativen Feuchtigkeit durch Stauung der Kleidungsluft ein Hinderniss für Verdunstung und für vermehrte Ausscheidung darstellt.

Die Körpertemperaturen lassen durch ihr Gleichbleiben in den Kälteversuchen erkennen, dass die Wärmeregulation in vollem Umfange bestand.

Wir sehen aus den angeführten Experimenten, dass die Empfindung Kälte und Wärme, die äussersten Grenzpunkte für die thermische Behaglichkeit, noch überall in das Gebiet hineinfallen, innerhalb dessen die chemischen Vorgänge der Zersetzung noch ganz unbeeinflusst von den ausserthermischen Vorgängen bleiben.

Gewiss werden in den Grenzen der Empfindungen manche individuelle Verschiedenheiten vorkommen; die Abhärtung wird dieselbe einem weiteren Temperaturintervalle anpassen, die Verweichlichung aber zur Folge haben, dass die Grenzen eines solchen sehr eng gezogen werden.

Die Kälteempfindung und Wärmeempfindung sind beim Menschen die Angelpunkte, um welche sich unsere rein menschliche Kunst der freiwilligen Wärmeregulation dreht. Von den durch ausschliesslich regulatorische Vorgänge unserer Organisation geschaffenen Wärmeausgleich sind die thermischen Zustände des in seinen Mitteln freien Menschen wohl zu trennen.

Wir können aber diese Zustände der willkürlichen Regulation, wie sie von dem thermischen Behaglichkeitszustande gefordert werden, nicht vernachlässigen, da man ja mit ihnen im täglichen Leben in der ganz überwiegenden Zahl der Fälle zu thun hat.

Alle Beobachtungen lehren, dass der Mensch mittelst seiner accessorischen Mittel der Temperaturbekämpfung in der That leicht die extremsten Fälle der Einwirkung auf seinen Körper gut übersteht.

Im täglichen Leben werden wir namentlich bei mittlerer Lufttemperatur den Menschen also regelmässig auf sein thermisches Optimum eingestellt finden.

Die Behaglichkeitsgrenze liegt für den Ruhenden bei 12 bis 23°. Nahe dieser Grenze beginnt bei steigender Lufttemperatur sehr bald die Wirkung des erhöhten Wärmegefühles sich geltend zu machen, unter zunehmender Injection der Hautgefässe und Röthung der Haut, dann starkes Hitzegefühl.

Die Kleidung ist das Mittel, durch welches wir, geleitet von der Temperaturempfindung, uns immer wieder den verschiedenartigsten äusseren thermischen Einwirkungen accommodiren. Ihre den Wärmeverlust schützende Wirkung ist leicht nachzuweisen.[1])

Der Wärme sparende Einfluss erklärt sich aus den physikalischen Eigenschaften der Kleidung. Alle Stoffe, die wir benützen, enthalten mehr Luft als Stoffe. Das Wärmeleitungsvermögen der ersteren ist viel grösser wie das der letzteren; weshalb in erster Linie für das Wärmeleitungsvermögen der Kleidung ihr Luftreichthum, in zweiter Linie die Stoffart, in dritter Linie die Webweise in Betracht kommt. Die Wärme haltenden Eigenschaften der Kleidung sind wechselnd, je nach der relativen Feuchtigkeit der dieselbe füllenden Luft. Maassgebend für die Wärmehaltung ist weiters die Dicke der Kleidungsstoffe.

Im Allgemeinen übertrifft der thierische Pelz mit seinem hohen Luftgehalte und seiner oft beträchtlichen Dicke den Werth der menschlichen Bekleidung betreffs der Wärmehaltung.

Der mannigfachen Variation dieser wärmeregulatorischen Wirkung der Kleidung hier näher nachzugehen, liegt ausserhalb des Rahmens unserer Betrachtungen. Nur eines mag bemerkt sein, dass beim Experimentiren am Menschen die Bekleidungsweise näher festgestellt werden muss, wenn genauere Vergleiche durchgeführt werden sollen.

In der Sommerkleidung und ohne Hut waren die Temperaturen von 12 bis 13° auf die Dauer viel zu niedrig. Auch die Winterkleidung befriedigte nicht vollständig, ein gewisses Gefühl der Kühle wurde die Versuchsperson nicht los, dagegen fühlte sie sich im Pelz ungemein behaglich und warm. Die Mittelzahlen enthält folgende Tabelle:

---

[1]) Vgl. *Rumpel*, Arch. f. Hyg , Bd. IX, S. 51 und das Capitel Kleidung in meinem Lehrbuch der Hygiene.

Bei 11 bis 12° C.; Gramm pro Stunde.

Kleidung	CO_2	H_2O	Bemerkungen
Sommerkleidung	28·4	58	Sehr kalt, zeitweise Schütteln
Sommerkleidung mit Winterüberzieher	26·9	50	Zuweilen sehr kühl
Sommerkleidung mit Pelz .	23·6	63	Sehr angenehm warm

Die Zahlen lassen erkennen, welche Wirkung die zunehmende Kleidung, abgesehen von der Empfindungssphäre, ausübte. Die Kohlensäureausscheidung fiel von 28·4 auf 23·6 *g* pro Stunde, d. h. so sehr, als wenn bei leichter Sommerkleidung die Temperatur von 2 bis 10 oder 15° gestiegen wäre, oder von 10 bis 15° bis gegen 35 oder 40°.

Der Wasserdampf sinkt zunächst mit zunehmender Bekleidung ab, theils weil die Athmung sich änderte, dann vielleicht, weil die Person gewissermaassen durch die Bekleidung in eine höhere Umgebungstemperatur versetzt wurde und so dem Minimum der Wasserdampfausscheidung sich näherte. Bei Pelzbekleidung ist die Zunahme der Wasserdampfausscheidung durch das Anwachsen der wärmenden Wirkung der Kleidung sehr deutlich und würde wohl noch grösser gewesen sein, wenn sich bei gleichbleibender Aussentemperatur und zunehmender Bekleidungsdicke nicht zugleich die Kleidungsventilation vermindern würde.

Je nach der Menge und Art der Bekleidung befindet sich der Mensch, wenn sich dies auch zunächst im Kraftwechsel nicht ausprägt, doch in ganz verschiedenen Zuständen der physikalischen Regulation. In drei verschiedenen Behaglichkeitszuständen fand sich bei absoluter Muskelruhe:

Temperatur		CO_2 pro Stunde in *g*	H_2O pro Stunde in *g*
12°	Pelzkleidung	23·6	63
25°	Sommerkleidung . . .	26·6	53
33°	Nackt	27·1	108

Ein weiteres Regulationsmittel ist für den Menschen sicherlich die Ernährung. Nach den in den früheren Capiteln eingehend niedergelegten Thierexperimenten besitzen wir in der Nahrungsaufnahme eine vorzügliche Einrichtung, die Kälte zu paralysiren.

Auch im Gebiete der chemischen Regulation kann dieser Einfluss unzweifelhaft sehr auf unsere Behaglichkeit einwirken. Der Nüchterne zeigt viel mehr die Neigung zum frieren, als der, welcher sein Frühstück aufgenommen hat. Die volle compensatorische Aus-

schaltung der Muskeln muss zur erhöhten Behaglichkeit — bei niederer Lufttemperatur beitragen.

Die Nahrung muss aber auch beim Menschen noch in anderem Sinne ein Hilfsmittel der Wärmeregulation sein, weil ihre richtige Wahl bei hohen Lufttemperaturen und hoher Feuchtigkeit nicht nur für eine zweckmässige Zufuhr wasserliefernder, sondern auch solcher Nahrungsstoffe sorgen kann, welche der Hyperthermie am besten entgegenwirken, nämlich Kohlehydrate und Fette.

Ein weiteres wärmeregulatorisches Mittel ist der Alkohol; in der That vermögen bereits sehr mässige Dosen das intensive Frost- und Kältegefühl zu dämpfen. Die Wasserdampfabgabe steigt dabei um wenig. Bei hohen Temperaturen vermehrt Alkoholgenuss zwar auch die Wasserdampfabgabe, aber in so mässigen Grenzen, dass ihm hier alle Bedeutung hinsichtlich der Wärmeregulirung abgesprochen werden muss.

Wie durch die Kleidung, so reguliren wir unseren Wärmebedarf auch durch die Bewegung. Eine kräftige Arbeit erzeugt so reichlich Wärme, dass man beim Steigen der Lufttemperatur nicht den geringsten Einfluss auf den Gesammtstoffwechsel wahrnimmt. Da aber doch mit steigender Temperatur aus physikalischen Gründen die Wärmeabgabe immer ungünstiger wird, so hilft sich unser Organismus durch eine mit der Lufttemperatur anwachsende Wasserverdunstung.

Ich habe einmal den Versuch gemacht und einer Person es freigestellt, wie sie sich an verschiedene Temperaturgrade accommodire, wobei derselben überlassen wurde, bei niederer Temperatur zu arbeiten. Der Mann war leicht bekleidet; wog 100 *kg* und wurde hinsichtlich der Ernährung behandelt, wie mehrfach schon für die Versuche meines Laboratoriums mitgetheilt worden ist.

Tabelle 92.

Gramm pro Stunde.

Temperatur in °	Feuchtigkeit	CO_2	H_2O	Arbeit *mkgr*	Bekleidung
6·1	78	59·7	28·0	7625	Volle
7·9	70	42·3	34·0	940	„
19 8	53	36·1	27·0	0	Rock abgelegt
34	35	42·0	145·0	0	Nackt

Bei 6·1° und 78% Feuchtigkeit hatte er kalt, doch blieb dies Gefühl in Folge der Arbeitsleistung dann aus. 7625 *mkgr* pro Stunde.

Bei 7·9° und 70% Feuchtigkeit arbeitete er weniger; da er von sehr träger Natur ist, fror er lieber, als dass er mehr arbeitete.

Bei 19·8° und 53% Feuchtigkeit legte er den Rock ab, dann war es ihm behaglich.

Bei 34° und 35% Feuchtigkeit legte er alle Kleidung ab, dann war es ihm thermisch am angenehmsten.

Bei niederer Temperatur arbeitete er im ersten Versuch offenbar weit mehr, als er gerade nothwendig gehabt hätte, um die Kälte zu eliminiren. Die letztere macht sich natürlich an den Händen bei der Berührung des Ergostaten bemerkbar. Im zweiten Versuche erfasste er seine Aufgabe schon richtiger. Es genügten ihm 940 *mkgr* pro Stunde, wobei er allerdings kälter hatte als vorher.

Interessant ist zunächst, dass die grössere Arbeit keine Mehrung der Wasserverdunstung gab, sondern dass das Mehr an Wärme durch die Haut durch Strahlung und Leitung zu Verlust ging (nach Abzug des Arbeitsäquivalentes bleiben im ersten Falle nur 162 Cal., im zweiten 125

Pro 7625
— 940
6685 *mkgr*

kamen 15·4 *g* CO_2 stündlich mehr an Ausscheidung = 2·6 *mg* CO_2 pro 1 *mkgr* = 1·3 cm^3 CO_2.

Jedenfalls sind also hier, wo die Bewegung freigestellt wurde, die Zahlen für den CO_2-Zuwachs sehr erheblich.

Zieht man in beiden Fällen die auf Arbeitsäquivalent treffende CO_2 ab (1275 *mkg* = 3 Cal. = 1 *g* CO_2), so bleiben (pro 1000 *mkg* = 0·778 CO_2) übrig 53·9 und 41·6 Cal. = 47·7 im Mittel (ohne Arbeitsäquivalent), das wäre eine Regulirungsgrösse im Verhältnisse zur CO_2-Ausscheidung bei 20°, welche hinter der bei den Thieren gefundenen Wirkung nicht zurückträte (2·54% pro 1° Diff.). Bei 34° war er schon über die Grenze der rationellsten Temperatur hinaus, trotzdem nur 35% Feuchtigkeit vorhanden war. Ich darf daran erinnern, dass dieser fette Mann bei 50% Feuchtigkeit überhaupt seine Körperwärme nicht mehr gleich erhalten konnte.

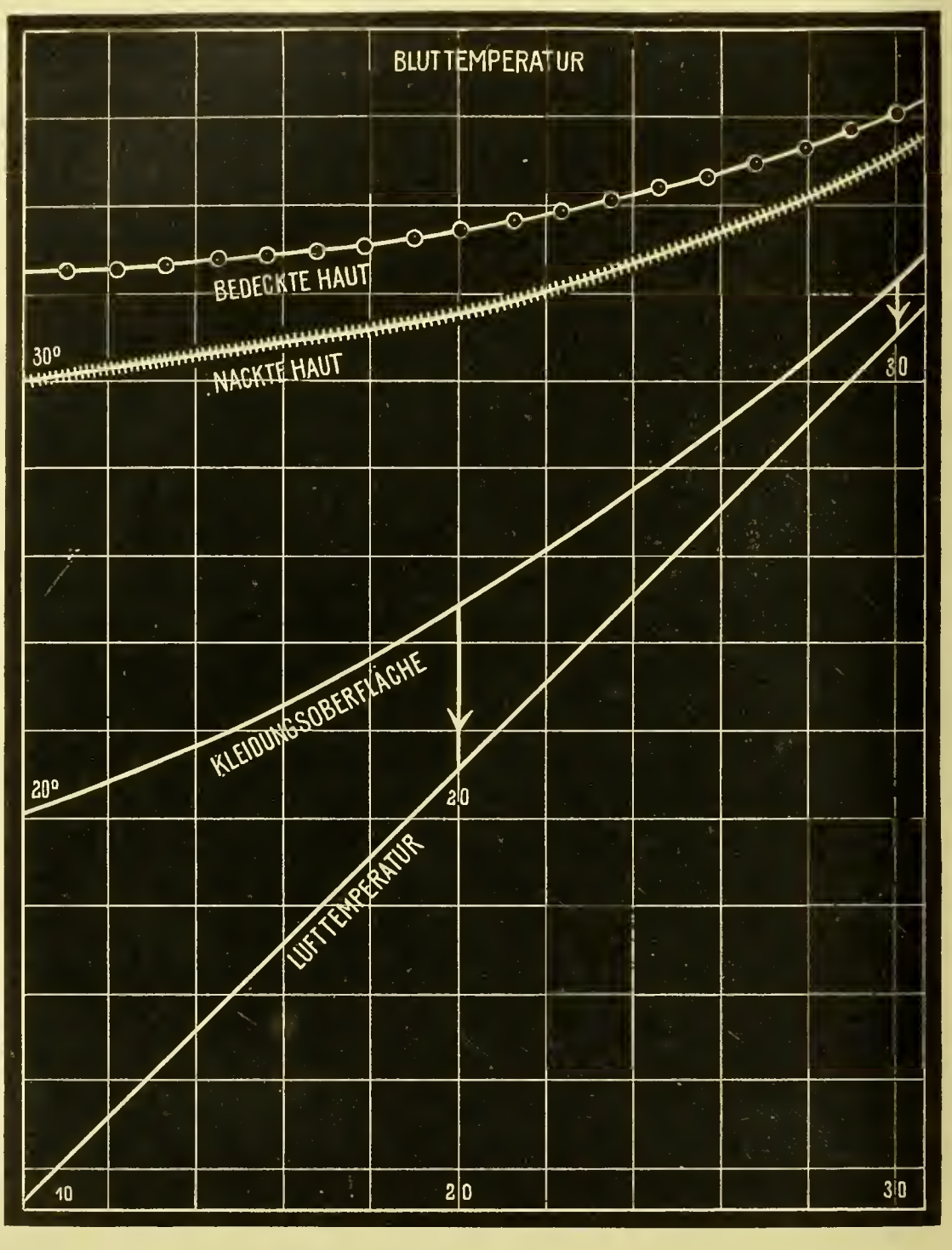
Im praktischen Leben wird also, das ist die Aufgabe des Versuches zu zeigen, der Abgleich der kühlen und hochwarmen Temperatur ein complicirterer, indem Kleidung wie Arbeit variirt werden. Dabei hält sich die Wasserdampfausscheidung sehr constant. Man regulirt also so, dass thunlichst die Entwärmung des Körpers der Blutcirculation und nicht der Wasserverdunstung aufgebürdet wird.

Mit diesen accessorischen Hilfsmitteln gelingt uns im Allgemeinen die Wärmeregulation in ganz vorzüglicher Weise.

Wir besitzen eine Reihe eingehender Messungen über die Bluttemperatur bei Reisen in den verschiedensten Zonen, ohne dass jemals selbst in den heissesten Gegenden erhebliche Steigerungen der Kerntemperaturen des Körpers gesehen worden sind. Die meisten Zahlen geben in maximo kaum Zuwüchse von 0·2 bis 0·3 im Mittel für die Bluttemperatur.

Anders liegt die Sache für die Hauttemperaturen.[1]) Man hat zu unterscheiden zwischen den Temperaturen der bedeckten Stellen (unter der Kleidung) und der freien Hautfläche (s. Fig. 6). Die ersten schwanken zwar auch in Abhängigkeit von der Lufttemperatur, aber doch in mässigen Grenzen bei grossem Temperaturintervall. Je

Fig. 6.



höher der Temperaturgrad der Luft, umsomehr nähert sich die Hauttemperatur der Kerntemperatur, und umsomehr rücken die Temperaturen der unbedeckten Theile näher an die Hauttemperaturen heran.

Die Kälteempfindung macht sich immer zuerst an den Extremitäten geltend, solche unangenehm empfundene Stellen zeigen bedeckt oder unbedeckt eine niedrige Hauttemperatur etwa um 28 bis 29°

---

[1]) Siehe bei *Kunkel*, Zeitschr. f. Biologie, Bd. XXV, S. 55, und *Rubner*, Arch. f. Hygiene, Bd. XXIII, S. 13.

herum. Der Rumpf selbst wird am spätesten von dieser Kältewirkung getroffen. Hand in Hand mit dem unangenehmen Kältegefühl stellt sich dann, wenn ausgedehntere Hautpartien abgekühlt sind, Frösteln oder Schüttelfrost ein. Die Blutfülle sinkt in den oberflächlichen Theilen durch Contraction der Gefässe.

Der Eintritt der Kältewirkung hängt von vielen Nebenumständen ab, von der herrschenden Temperatur, von inneren Körperzuständen, wie z. B. dem Blutreichthum, dem allgemeinen Ernährungszustand, aber auch von der Menge der aufgenommenen Nahrung, von der Verdauungszeit, namentlich aber auch von der Bekleidung und der Dauer der Einwirkung der Kälte ab.

So weit bei den klimatischen Vorgängen biologische Rückwirkungen in Betracht kommen, vereinigen sich Luftwärme, Luftbewegung, Feuchtigkeit, Strahlung alle in einem gewissen calorimetrischen Effect, demgegenüber der Körper mittelst der Haut als Zwischenglied, auch mittelst des Stoffumsatzes eine Abwehr trifft; zu beiden gesellen sich die Kampfesmittel, mit denen die Cultur den Menschen ausgerüstet hat.

Gesund erhält sich der Körper nur dann, wenn er alle seine normalen Functionen jederzeit richtig entfalten kann; zum normalen Leben gehört unter allen Umständen die Uebungsfähigkeit der Organe und unter diesen will auch das Muskelsystem entsprechend berücksichtigt sein. Der Bewegungstrieb, der Arbeitstrieb ist etwas Förderliches im Leben, auch wenn er nicht direct dem Gewinne des Unterhaltes dient.

Klimatische Einflüsse ziehen diesem normalen Arbeitstrieb gewisse Grenzen; die körperliche Leistungsfähigkeit ist ein wichtiger Begriff, den wir als eine Function des Klimas auffassen müssen. Wie sehr ihn mitunter äussere Verhältnisse einschränken, habe ich durch eingehende Untersuchungen über die Muskelarbeit näher prüfen lassen.

Wir finden den Menschen wegen dieser schwankenden klimatischen Verhältnisse in verschiedenen Breiten nicht als dieselbe Einheit vor, wenn die Regulationsmechanismen ihm auch alle mögliche Freiheit unter den verschiedensten Verhältnissen zu garantiren vermögen, so sind doch die Grenzen in tropischen Gegenden andere als in der gemässigten Zone und der Wille zu den Leistungen keineswegs überall derselbe.

Der grosse Wasserdampfverlust, grosse schwächende Schweissmengen, die Bangigkeit, Hitzegefühl, alle diese Momente lassen, wenn man einmal genauer die Verhältnisse betrachtet, ihre Einwirkung nicht vermissen.

Man sollte die Klimate, wie dies bis jetzt immer geschieht, nicht immer für die Aeusserungen des Ruhenden studiren, sondern die functionellen Grenzen bei dem Menschen feststellen, dann würde man zu viel interessanteren Ergebnissen kommen, als sie bis jetzt zu Tage gefördert worden sind.

Auf die Vorgänge der Regulation üben alle äusseren Umstände, welche in irgend einer Weise eine thermische Wirkung haben, noch ein. Namentlich aber hat die Möglichkeit der Wasserverdunstung in erster Linie einen recht entscheidenden Einfluss auf das Verhalten unseres Organismus.

Eine wesentliche Aeusserung des Zustandes der physikalischen Regulation ist die Wasserverdunstung und umgekehrt, jede Aenderung der Bedingungen der Wasserverdunstung ändert zugleich die quantitative Inanspruchnahme der Hilfsmittel der physikalischen Regulation und ihrer Leistungsfähigkeit. Daher sind nicht allein die Aenderungen derselben aus inneren Gründen, sondern auch ihre Beeinflussung durch die äusseren Umstände von praktischer Bedeutung.

Die Bilanz der Wärmeökonomie eines ruhenden Mannes bei mittlerer Temperatur und mittlerer Feuchtigkeit ist folgende:

Es treffen auf	in KCalorien	in Procent	
die Athmung	35	1·29	
die Arbeit	51	1·88	4·72
Erwärmung der Luft	42	1·55	
Wasserverdunstung	558	20·66	
Leitung	833	30·85	95·28
Strahlung	1181	43·74	
für den Tag . . .	2700	100·0	

Unter den Quellen der Wärmeabgabe nehmen Strahlung, Leitung, Wasserverdunstung eine so hervorragende Stellung bei dem Ruhenden wie Arbeitenden ein, dass die anderen Quellen des Wärmeverlustes ganz zurücktreten.

Alle von der Lufttemperatur erregten Empfindungen werden wesentlich modificirt durch den herrschenden Grad der Luftfeuchtigkeit. Geht man von einem Raume mittlerer Feuchtigkeit in einen Raum mit künstlich getrockneter Luft (ich habe solche bis zu 3% relativer Feuchtigkeit angewandt), so erscheint allemal die Luft kühler und bei der Athmung hat man selbst bei sonst als warm empfundener Luft einen erfrischenden, kühleren Eindruck. Allmählich macht sich das Gefühl der Kühlung auch an den unter der Kleidung gelegenen Partien der Haut geltend. Bei hohen Temperaturen hat man, so lange man auch unter dem Einflusse der trockenen Luft bleibt, immer das Gefühl des Wohlbehagens und der Erleichterung. Freilich kann die Lufttrockenheit bei hohen Temperaturen, namentlich aber bei Luftbewegungen durch Trockenheitsgefühl an den Lippen und den Augen sich bemerkbar machen; von anderer Seite wird nach praktischen Erfahrungen behauptet, dass schliesslich Nägel springen und die Haut rauh und rissig wird.

Bezüglich des Durstgefühles wirkt oft hohe Feuchtigkeit ungünstiger als hohe Trockenheit.

Von höchstem Werthe in klimatischer Hinsicht ist die Frische und Elasticität, welche die trockene Luft bei hohen Temperaturen verleiht, auch die Arbeit geht wenigstens bei mageren Personen gut von Statten bei Bluttemperatur und ohne die Kleidung abzulegen.

Zunahme der Luftfeuchtigkeit macht sich nur bei sehr niedrigen Temperaturen und wenn die relative Feuchtigkeit sehr bedeutend oder gar bis zur Sättigung steigt, durch eine Zunahme der Kälteempfindung geltend. Schon von 10 bis 12° ab wird die Feuchtigkeitszunahme als Wärme empfunden, aber doch zugleich mit der Nebenempfindung des Unbequemen; ja sie kann bei reichlichem Zuwachs an relativer Feuchtigkeit geradezu das Gefühl der Bangigkeit und inneren Unruhe und Unbehaglichkeit erzeugen. Schon bei 25° C. können 60% relative Feuchtigkeit sehr bedrückend erscheinen, und je höher die Temperatur, umsoweniger Feuchtigkeitszuwachs ertragen wir. Dieses Gefühl der Beängstigung und des Unbehagens tritt zumeist auf, ohne dass es wenigstens bei mageren Personen zum Ausbruch von sichtbarem Schweiss, d. h. nicht mehr verdunstender Hautausscheidung gekommen zu sein braucht.

Schwankungen der relativen Feuchtigkeit zwischen 3 bis 80% machen bei mittleren Temperaturen wesentliche Aenderungen in der Wasserdampfausscheidung, ohne dass dies einen erheblichen Einfluss auf die Gesammtwärmeproduction ausübte. Auch praktisch tritt dieser Factor wenig in die Rechnung. Weit wichtiger ist die einseitige Verschiebung in den Wegen der Wärmeabgabe, denn feuchte Luft mehrt den Verlust durch Strahlung und Leitung, und trockene Luft mindert ihn unter Steigerung der Verdunstung.

Anders liegen die Verhältnisse bei sehr niedriger Temperatur, hier haben hohe Feuchtigkeitsgrade eine erhebliche Mehrung der Wärmeabgabe zur Folge.

Es mögen hier einige Zahlen für den leicht bekleideten Mageren Platz finden.[1])

Tempe atur	Wasserdampfabgabe	
	bei 20 bis 30% Feuchtigkeit	bei 60 bis 70% Feuchtigkeit
15	50	20
20	60	25
25	65	35
30	100	65
35	160	—

[1]) Die Darstellung folgt zum Theile den Auseinandersetzungen, welche ich zusammenfassend in der Klimatologie, in Handbuch der physikal. Therapie von *Goldscheider* und *Jacob*, gegeben habe. S. auch Arch. f. Hyg. XI, S. 243, und Bd. XXXVIII, S. 120.

Die Hitzegefahr wird bei 30° mit 65% Feuchtigkeit so gross, dass es bedenklich ist, bei 35° den Versuch in feuchter Atmosphäre fortzusetzen.

Ueber 30° sind die Mittel des Organismus, seinen Verlust durch Strahlung und Leitung zu modificiren, so ziemlich erschöpft; daraus folgt, dass bei diesen hohen Temperaturen die Accommodation in trockener oder feuchter Luft insoferne eine Aenderung erfahren muss, als die den Wasserdampfverlust einschränkende Wirkung der zunehmenden Luftfeuchtigkeit minimal wird, der Körper antwortet dann auf Steigen der Luftfeuchtigkeit mit profuser Schweissbildung, deren Fluth in der Regel hinreicht, auch eine die Verdunstung hemmende Wirkung der Luftfeuchtigkeit zu paralysiren.

Ein reiches Fettpolster ist für die Entwärmung in feuchter Luft sehr verhängnissvoll. Schon von 25° ab vermag der Fette bei steigender Luftfeuchtigkeit die Verdunstung nicht mehr nennenswerth einzuschränken und anderweitig für den gehemmten Wärmeabfluss Ersatz zu schaffen, er schwitzt mit zunehmender Feuchtigkeit und geräth bei 36 bis 37° trotz grosser Wasserverluste nicht mehr ins Wärmegleichgewicht. Die Feuchtigkeit über 50% erträgt er auch im nackten Zustande nur unter steigender Bluttemperatur.

An einer Person mit reichlichem Fettpolster wurde von *Wolpert* und *Broden* beobachtet an Wasserabgabe in Gramm pro 1 Stunde:

	Bei 20 bis 22°	Bei 20 bis 30°	Bei 36 bis 37°
Trockene Luft .	56	134	204 (ausserdem 14 *g* Schweiss)
Feuchte Luft . .	17	170 (ausserdem 31 *g* Schweiss)	186 (ausserdem 255 *g* Schweiss)

Bei 36 bis 37° und mässig feuchter Luft stieg die Eigentemperatur um 0·9°. — Nur bei 20 bis 22° und bei 28 bis 30° und trockener Luft fand keine sichtbare Schweisssecretion statt. Die Wasserverluste bei 28 bis 30° und feuchter Luft stiegen stündlich auf 441 *g*.

Je fettreicher ein Mensch, umsoweniger vermag er Wärme und namentlich feuchte Wärme zu ertragen.

Es hat daher ein grosses Interesse zu erfahren, wie Wärme und Feuchtigkeit im Hinblick auf den thätigen Menschen wirken. In dieser Hinsicht haben die in meinem Laboratorium ausgeführten Untersuchungen gezeigt, dass die Schwankungen der Lufttemperatur bis zu hohen Wärmegraden einen Einfluss auf den Stoffwechsel eines kräftig Arbeitenden überhaupt nicht erkennen lassen; er regulirt seine Wärme ausschliesslich auf physikalischem Wege, und unter den hierbei angewandten Mitteln ist es wesentlich die Wasserverdampfung,

deren Aenderung uns in die Augen fällt, und welche mit steigender Temperatur zunehmend in die Höhe geht. Aendert sich die Luftfeuchtigkeit, so kann man auch bei dem Arbeitenden sehen, dass er in feuchter Luft weniger an Wasserdampf abgibt als in trockener Luft, aber diese Einschränkung geht auf Kosten unserer Arbeitslust. Die Unterdrückung der Wasserverdunstung, und sei dieselbe auch nur gering, ruft das Gefühl bleierner Schwere hervor und eine Müdigkeit, welche geradezu zur Unterbrechung der Arbeit führt, noch ehe es zum Ausbruch starken Schweisses gekommen ist.

Die Versuchsperson von *Wolpert* leistete eine Arbeit von 5000 bis 15.000 *kgm* pro Stunde. Nachfolgende Tabelle zeigt uns die wichtigen Beziehungen der Arbeit zur Entwärmung und die Beziehungen der Arbeit zur Ruhe:

Temperatur	Ruhe	Mittlere Arbeit 5000 *kgm*	Schwere Arbeit, 15.000 *kgm*
15°	50 *g* H_2O	55 *g* H_2O	55 *g* H_2O
20°	60 *g* H_2O	60 *g* H_2O	70 *g* H_2O
25°	65 *g* H_2O	105 *g* H_2O	150 *g* H_2O
30°	100 *g* H_2O	145 *g* H_2O	220 *g* H_2O
35°	160 *g* H_2O	170 *g* H_2O	—

In erster Linie ist die Thatsache von grosser, praktischer Bedeutung, dass keineswegs, wie vielfach ohne beweisende Versuche angenommen worden ist, jede oder auch schwere Arbeit allemal die Wasserverdunstung mehre. Wenn es sich um eine magere Versuchsperson und eine niedrige Temperatur bei leichter Bekleidung handelt, wird durch die Arbeit so gut wie keine Mehrung der Wasserverdunstung erzeugt. Wir können also sehr wohl Arbeit leisten, ohne die immerhin unangenehme Beigabe der Schweisssecretion als Nebenwirkung zu beobachten.

Freilich spielt aber gerade in dieser Hinsicht die Constitution wieder eine Rolle. Denn bei 20° wenigstens, einer Temperaturgrenze, bei welcher der Fettarme auch bei schwerer Arbeit eben ein Steigen der Wasserverdunstung verräth, geräth der Fette in starke Transpiration unter reichlicher Schweisssecretion.

Mittlere Arbeit kann man noch bei Bluttemperatur leisten, wenn wenig Fett abgelagert ist; aber trotz trockener Luft versagte unsere Person bei 35° und schwerer Arbeit. Sie fühlte sich nach kurzer Zeit völlig unfähig, dieses Arbeitspensum zu leisten.

Ganz anders war das bald bei feuchter Luft. Schon bei 20° war das Hitzegefühl so bedeutend, dass die schwere Arbeit nicht mehr ausgeführt wurde, die mittlere konnte noch bei 30° mit Mühe bewältigt werden.

Freilich gelingt es manchmal unter grosser Willensanstrengung auch noch bei 36 bis 38° selbst dem Fettreichen, ein grosses Arbeitspensum zu bewältigen, die Folgen sind jedoch eine sehr gesteigerte Stoffzersetzung, Steigen der Körpertemperatur, ungeheuere Schweisssecretion mit profusem Wasserverlust und totaler körperlicher Erschöpfung. So habe ich die Wasserabgabe bei 36 bis 37° und Arbeit selbst in trockener Luft auf 357 *g* pro Stunde und in feuchter auf 525 *g* (davon die Hälfte Schweiss) steigen sehen.

Unsere Versuche zeigen, wie weit man thatsächlich und ohne pathologische Zustände hervorzurufen, bei der nöthigen Willenskraft mechanische Arbeit leisten kann. Wohl hiervon zu unterscheiden ist die spontane Arbeitslust. Diese sinkt in einem rapideren Verhältniss, namentlich in feuchter Luft wird dieselbe rasch eingeschränkt. Feuchte Luft ist also allemal mit einer Einschränkung der Arbeitslust verbunden, wenn die Temperaturgrade von 20 wesentlich überschritten werden. Dies wird man leicht auch durch die Erfahrung bestätigen können. Temperaturen von 25° und 60% Feuchtigkeit sind bei unserer Art der Bekleidung völlig erschlaffend. Bei 30° und 40% Feuchtigkeit wird man auch kaum besondere Lust zum Gehen u. dgl. verspüren.

Indessen mag noch auf einen nicht uninteressanten Punkt aufmerksam gemacht werden. Ich habe mehrfach beobachtet, dass manche Personen unter drückendster Hitze litten, ohne deshalb auch in feuchter Luft in Schweiss zu gerathen; für diese brachte dann das Auf- und Abgehen u. dgl. meist eine wahre Erlösung, da es dann zum Ausbruch flüssigen Schweisses kam. Die Bewegung kann also hier eine günstige Wirkung haben.

Aus dem Dargelegten ersehen wir, dass der Feuchtigkeitsgrad der Luft von eminentester Bedeutung für die Beurtheilung eines Klimas ist, und dass von demselben wichtige und bedeutsame Veränderungen unserer Lebensfunctionen abhängen.

Wir haben die Wasserdampfabgabe als wärmeregulatorisches Element aufgefasst; wir müssen aber schliesslich dieselbe auch als Substanzverlust ins Auge fassen. Die Menge des in der Athmung entleerten Wassers spielt eine nur geringe Rolle, eigentlich nur bei niederer Temperatur und bei Wind entfällt relativ ein grosser Theil auf die Athmung, aber es beträgt bei Temperaturen unter 15° die Menge des ausgeathmeten Wasserdampfes überhaupt keine grosse Summe.

Bei stark wachsender Wasserabgabe liefert die Haut diese Feuchtigkeit, im Gegensatz zu den „nichtschwitzenden" Thieren, bei denen die sich mitunter zur Polypnoe steigernde Athmung die Entwärmung besorgt. Aber nicht alles den Körper verlassende Wasser tritt als „Schweiss" aus. Wenn letzteres der Fall wäre, müssten sich die in dem Schweisse allemal enthaltenen Bestandtheile von Kochsalz auf der Haut oder in der Kleidung finden, was keineswegs der Fall zu sein braucht.

Immerhin entfällt ein nicht unbeträchtlicher Theil des ausgeschiedenen Wassers auf den Schweiss. Der Schweiss führt bekanntlich eine Reihe anorganischer und organischer Bestandtheile aus dem Körper weg. Nach den Untersuchungen meines Laboratoriums kann nach *Cramer*[1]) die mit dem Schweisse in 24 Stunden ausgeschiedene Stickstoffmenge zwischen 1 bis 1·4 *g* betragen. Mit den Schweisssecreten steigt, wie *Schierbeck*[2]) zuerst nachgewiesen hat, die Kohlensäureausathmung durch die Haut von 8 bis 9 *g* auf 28 bis 29 *g* in 24 Stunden.

Die Haut quillt und wird weich wie im Bade; es können durch eine solche Quellung, wie *Spitta*[3]) gezeigt hat, ziemliche Quantitäten von Feuchtigkeit in der Epidermis zurückbleiben, welche für das Wärmeleitungsvermögen natürlich nicht ohne Belang sind. Die Weichheit der Haut führt zu Abschilferung, das Eindringen von Parasiten wird erleichtert. Bei rascher Abkühlung entbehrt die Haut des nöthigen Schutzes. Die Contraction der Gefässe kann nicht in demselben Maasse wärmesparend wirken wie bei trockener Haut.

Die Schweisssecretion ist immer ein Zeichen allgemeiner Ueberwärmung, worunter man aber keineswegs eine solche mit messbarem Steigen der Körperwärme verstehen darf.

Der Schweiss tritt immer zuerst dort auf, wo local die Verdunstungsbedingungen ungünstig sind zwischen den Schenkeln, in der Gelenkbeuge, und wird natürlich zuerst dort sichtbar, wo grössere Tropfen entstehen, was namentlich bei dichtem Stande der Drüsen eintritt.

Andauerndes Schwitzen ermüdet und erschlafft, die Glieder werden bleiern, der Appetit sinkt. Vermuthlich hat auf diese ersteren Erscheinungen die Eindickung des Blutes einen Einfluss, denn ersetzt man das Wasser nicht, so können die Verluste binnen wenigen Stunden 2000 bis 3000 *g* ausmachen, und diese hat zunächst, ehe ein Ausgleich mit den Geweben erfolgt ist, das Blut zu tragen. Ist der Durst die Folge einer raschen Wasserentziehung, so kann er auch ohne Wassergenuss schwinden, wenn die Verdunstung sich mindert und einige Zeit gewartet wird, bis Wasser aus den Geweben in das Blut tritt. Da ein Erwachsener 6 bis 7 *l* Blut besitzt, so kann eine rasche Entziehung von 2000 bis 3000 *g* Wasser durch die Haut, also ohne Rücksicht auf die gleichzeitige Secretion an Harn, bedenklich werden; denn mit dem Sinken des Wasservorrathes fällt auch die Secretion und damit steigt dann die Bluttemperatur rasch an.

Die Wasserverdunstung kann man durch den Genuss von viel Wasser nicht künstlich steigern;[4]) nur warmes Wasser, ferner der

---

[1]) Archiv für Hygiene X, S. 269.

[2]) *Schierbeck*, Archiv für Hygiene XVI, S. 203.

[3]) *Spitta*, Archiv für Hygiene XVI, S. 45. — Im Bade von 36° etwa 30 *g*, bei 39° bis 96 *g*.

[4]) *Laschtschenko*, Archiv für Hygiene XXXIII, S. 145.

Alkohol sind solche die Verdampfung steigernde Mittel. Die anscheinende schweissbefördernde Wirkung des Wassertrinkens erklärt sich häufig dadurch, dass nach dem Trinken kalten Wassers die Temperatur der Haut sinkt und der bereits abgelagerte Schweiss unangenehm gefühlt wird. Vielleicht mag manchmal ein wirkliches Versiegen der Schweisssecretion aus Mangel an Flüssigkeit vorausgegangen sein.

Die Wasserdampfabgabe ohne Schweisssecretion in trockener Luft, und mag die erste noch so bedeutend sein, ist fast niemals von besonderen unangenehmen Gefühlen begleitet, nur bedarf natürlich das abgegebene Wasser wieder des Ersatzes.

Die Art der Ernährung kann von Wichtigkeit für den Wasserersatz sein, worüber später berichtet wird.

Höchst selten wirkt ein Klima in seinem vollen Umfange direct auf den Menschen. Die Betrachtung der Wärmewirkung, als auch der Feuchtigkeitswirkung erfordert mit absoluter Nothwendigkeit die Berücksichtigung der Functionen unserer Bekleidung. Temperatur wie Feuchtigkeit der Luft wirken beim Bekleideten niemals unverändert auf die Haut. Nur die unbedeckt getragenen Hautstellen, meist etwa 20% der gesammten Oberfläche, werden direct betroffen.

Die bekleidete Haut wird von der Kleidungsluft[1]) umspült, welche zwar beweglich, immer aber ruhiger bleibt als die freie Luft. Durch die schlechte Wärmeleitung unserer Kleidungsstoffe vermag die bedeckte Hautoberfläche sich immer eine höhere Temperatur zu bewahren, als die freie Haut.

Die Kleidungsluft selbst modificirt in wesentlichem Maasse die Feuchtigkeit der Luft, und zwar aus zwei Gründen. Die Kleiderluft ist in ihrer Gesammtheit, und wenn man die höchsten Lufttemperaturen beiseite lässt, immer wärmer als die umgebende Luft, wenn also die Luft der Umgebung in die Maschenräume der Bekleidung tritt, wird sie wärmer und dadurch relativ trockener.

Dies gilt aber sozusagen nur für mittlere und niedrigere Temperaturen der umgebenden Luft, weil nur im Vergleich mit dieser die mittlere Kleidungstemperatur, mit sinkender Temperatur zunehmend, wärmer wird, während sich nach oben hin die Differenzen ganz verwischen und ausserdem die vom Körper abgegebene Feuchtigkeit unter diesen Umständen selbst die Feuchtigkeit der Kleiderluft erhöht.

Somit schützt uns die Kleidung vor der gerade zur Winterszeit häufig eintretenden hohen Luftfeuchtigkeit und wir leben also im Winter durchschnittlich, was die bedeckten Theile anlangt, in einem höchst trockenen Klima. Das ist zweckmässig und gut. Denn dieser Umstand bewahrt uns vor einer überstarken Zunahme

---

[1]) *Rubner*, Archiv für Hygiene, Bd. XV, S. 51, und *Wolpert*, ebenda, Bd. XXXVI, S. 303, und Bd. XXVI, S. 291.

des Feuchtigkeitsgehaltes der Kleidung, womit eine starke Kältewirkung verbunden wäre, und verhütet auch, dass bei Arbeitsleistungen zu schnell Durchschwitzen der Kleidung mit nachfolgender starker Abkühlung in den Ruhepausen eintreten kann.

Die Grenzen, innerhalb deren die auf unserer bedeckten Haut einwirkende Feuchtigkeit variirt, werden also durch die Kleidung wesentlich geändert.

Aber diese Beeinflussung ist freilich eine variable, sie hängt ganz von der Art der Bekleidung ab.

Nicht nur von der Dicke, die einem grossen Wechsel unterworfen ist, sondern namentlich hinsichtlich der Dichte. Die relative Feuchtigkeit der Atmosphäre, von welcher wir beeinflusst werden, ist nicht so sehr die der wirklichen, freien Atmosphäre, als jene des durch die Kleidung künstlich geschaffenen Dunstkreises.

Es ist hier nicht der Platz, dies im einzelnen darzulegen; darüber habe ich anderen Ortes eingehend berichtet.[1]) Aber es muss hervorgehoben werden, dass am weitverbreitetsten solche Bekleidungsweisen sind, welche einerseits eine gute Ventilation der Kleidung nicht zulassen, künstlich also eine Art Treibhausluft herstellen, andererseits aber bei Schweissausbruch die denkbar ungünstigsten Verhältnisse geben.

Zu verwerfen sind alle dichten, glattgewebten Stoffe, da sie für die meisten Menschen viel zu wenig luftdurchgängig sind; es ist gleichgiltig, ob sie direct der Haut anliegen, oder durch Netze, Wolljacken etc. isolirt sind. Diese Stoffe sind auch um deswillen zu verwerfen, weil wenige Gramm Wasser dazu gehören, um grosse Flächen nass zu machen, wodurch sie festkleben, jede Wasserverdunstung zunächst unmöglich machen und den eintrocknenden Schweiss und seine Zersetzungsproducte in unmittelbarer Nähe der Haut zurücklassen.

Hochporöse Kleidung, in allen Lagen homogene Gewebe garantiren allein die thunlichst leichte Abgabe des Wasserdampfes vom Körper.

Bei sehr hoher Temperatur freilich muss die Kleidung auf ein Minimum beschränkt oder beseitigt werden. — Zwar kommt eine völlige Durchnässung der Kleidung der Entwärmung sehr zu statten, schliesslich aber stört die erstere doch ungemein den Effect der Wasserverdampfung, hinsichtlich dessen die freie Haut der bedeckten überlegen ist.

Die Ordnung einer rationellen Bekleidung kann für den Einzelnen eine Maassregel sein, welche in mancher Hinsicht selbst einen Klimawechsel bedeutet, ohne dieselbe können geradezu wichtige klimatische Wirkungen paralysirt, ihr Nutzen in Schaden umgewandelt werden.

---

[1]) Archiv für Hygiene, Bd. XXIX, S. 269; Bd. XXXI, S. 142; Bd. XXXII, S. 1.

Je tiefer die Lufttemperatur liegt, verhältnissmässig desto wärmer ist im Mittel die Luft in der Kleidung, mit anderen Worten: desto trockener wird die Luft werden; je wärmer die äussere Luft, um so weniger gross sind die Differenzen und um so ähnlicher wird Kleiderluft der Umgebungsluft. Die Hautausdünstung vermag diese Wirkung der Kleidungswärme auf die relative Feuchtigkeit der Kleidungsluft nicht zu compensiren. Nur wenn es allmählich zu Schweisssecretion kommt, wird die uns umgebende Luft in der Kleidung feuchter wie die Aussenluft.

In diesen Beziehungen der Kleidung zum Feuchtigkeitsgehalt liegt ein wichtiger Regulator für unsere Wasserabgabe.

Die Luft im Freien ist niemals ganz unbewegt. Wenn wir keine Gegenstände sich bewegen sehen, nehmen wir im Allgemeinen an, dass die Atmosphäre ruhend sei, bei mittleren Stubentemperaturen halten wir eine Luft noch für ruhend, wenn sie nicht mehr als 0·5 *m* pro Secunde hat, nur die feuchte Haut ist empfindlicher. Der Aufenthalt im Freien bringt uns immer mit bewegter Luft in Berührung, ist also principiell von dem Aufenthalt in der Stube auch in dieser Hinsicht unterschieden.

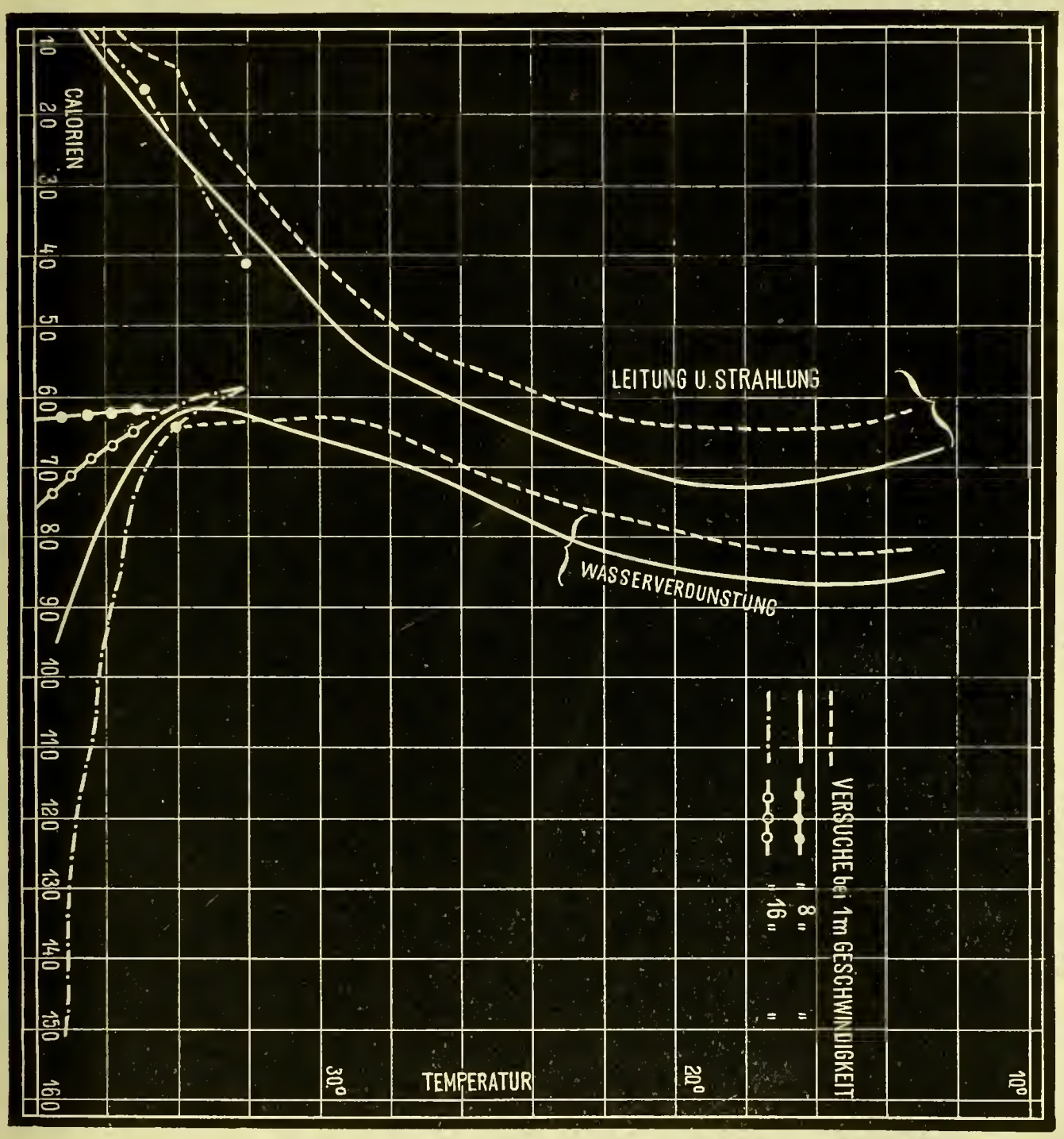
Bei der Wirkung des Windes muss man auseinanderhalten, ob einzelne Theile des Körpers betroffen werden oder der ganze.

Die Wirkung eines Windes von 8 *m* pro Secunde ist zunächst die, dass die Athmung angeregt wird. Bei niederer Temperatur um 12 bis 13° herum empfindet man scharfe Kälte. Der Wind hat deutlich und sehr erheblich die gesammte Wärmeproduction angeregt. Diese Wirkung ist sehr bemerkenswerth, da man sonst erst bei niedriger Lufttemperatur eine ähnliche Steigerung der Zersetzung findet. Der Wind hat, indem er an dem Körper vorübergeht, namentlich den Wärmeverlust durch Leitung stark erhöht. Man muss aber hier sofort auseinander halten, dass die Wirkung des Windes auch von der Art der Kleidung abhängig sein muss. Ein Wind, der die Lufttheilchen nur an der äusseren Oberfläche der Kleidung vorübertreibt, wirkt weit weniger als ein solcher, der seinen Weg bis in die Kleidung hinein fand. In den meisten Fällen wird man es mit einer solchen bis auf die Haut gehenden Wirkung zu thun haben. Unsere Kleiderluft hat immer einen höheren CO_2-Gehalt als die umgebende Luft. Der Zuwachs ist von der aus der Haut ausgeathmeten CO_2 und von dem Grade der natürlichen Ventilation der Kleidung abhängig. Setzt man sich auch sehr bescheidenen Luftströmungen aus, so sinkt die Kohlensäuremenge in der Kleidungsluft, wofür nachstehende Beobachtungen *Wolpert*'s ein Beispiel sein mögen:

Luft im Freien	0·456%
Kleiderluft bei ruhiger Luft	0·768%
Wind von 0·28 *m* Geschwindigkeit pro Secunde .	0·720%
„ „ 0·66 *m* „ „ „ .	0·624%
„ „ 1·31 *m* „ „ „ .	0·560%

Man sieht, wie energisch ein so mässiger Wind von 1·31 *m* pro 1 Secunde bereits lüftet und wie die Kleidungsluft fast der reinen Luft sich nähert. Zwischen 13 bis 15° kann man auch sagen, dass durch den Wind die Wasserverdunstung etwas zunimmt, aber doch äusserst wenig. Von 17° bis etwa 32° ist aber von einer die Verdunstung steigernden Wirkung des Windes überhaupt nichts zu sehen, ja zumeist liegt sogar eine verminderte Wasserverdunstung

Fig. 7.



vor, was offenbar mit der bis gegen 32° hinreichenden Vermehrung des Leitungs- und Strahlungsverlustes Hand in Hand geht. Bei 34° hatte der Wind jede specifische Wirkung eingebüsst und Wärmeverlust wie Wasserverdampfung sind dieselben wie bei ruhender Luft; er wird zum indifferenten Luftbad. Darüber hinaus ändert der Wind zwar zunächst nicht den Stoffwechsel, mehrt aber in enormem Grade die Wasserverdunstung (Fig. 7). Es wird weit mehr Wasser abgegeben, als zur Bindung der gesammten erzeugten Wärme noth-

wendig gewesen wäre. Hier äussert der Wind eine mächtig austrocknende Wirkung, die offenbar so zu Stande kommt, dass die rasch am Körper vorüber eilende Luft dieser selbst zum Theil die nöthige Verdampfungswärme entzieht.

Ein Wind von 1 *m* Geschwindigkeit pro Secunde hat bereits eine sehr bedeutende, völlig dem stärkeren Winde analoge Rückwirkung auf den Stoffwechsel und die Wasserverdunstung. Ein bei hohen Temperaturen angewandter Wind von 16 *m* Geschwindigkeit ist bis zu 34° Lufttemperatur ohne eigenartige Wirkung, von dieser Grenze ab aber hebt sich die Gesammtwärmebildung etwas, dagegen in ungeheuerem Maasse der austrocknende Einfluss.

In allen Temperaturlagen liess der Wind eine mehr oder minder hervortretende Abkühlung empfinden, der sich, wie erwähnt, zu der des intensiven Frostes steigern kann. Die Indifferenzgrenze geringsten stofflichen Einflusses lag bei 34°, darüber hinaus folgt wieder eine bescheidene Anregung des Stoffwechsels mit gewaltiger Wasserverdunstung.

Die Vortheile bewegter Luft werden sich bei jedwedem Feuchtigkeitsgrade der Atmosphäre geltend machen, namentlich aber zeigt die mächtige Austrocknung bei hohen Temperaturen, wie sehr der Wind die schädlichen Folgen hoher Feuchtigkeit zu beseitigen vermag. Dieser trocknende Einfluss warmer Winde ist nur unter der Annahme verständlich, dass bei hohen Temperaturen das Wasser in den Schweissdrüsen steht und daher leicht von der bewegten Luft erreicht werden kann. Die Wasserverdampfung wird dann im Wesentlichen von den allgemeinen physikalischen Gesetzen beherrscht.

Die Angriffsweise des Windes auf den Organismus besteht in erster Linie darin, dass von den drei fundamentalen Möglichkeiten eines thermischen Angriffes, des Strahlungsverlustes, Leitungsverlustes und Verdampfungsverlustes, der Leitungsverlust in Anspruch genommen wird; sozusagen secundär bis zu hohen Temperaturen variirt dabei die Verdampfung. Nur bei sehr hohen Temperaturgraden, 34 bis 36, ist eine specifische Eigenthümlichkeit des Windes die ungewöhnlich hohe Austrocknung unseres Körpers. Windbewegung ist nur ein einseitig vermehrter Wärmeverlust durch Leitung, dessen Erfolg uns darthut, wie wichtig die Steigerung einer einzelnen Quelle des Wärmeverlustes werden kann.

Die Angriffsfläche für den Wind ist nicht nur diejenige Seite, welche wir ihm zukehren, sondern der Wind umfliesst den Körper, und die Wärmeentziehung trifft auch, wenn schon gemässigt, die dem Stosse abgewandten Theile.

Winde über Blutwärme werden zu einer Quelle abnormer Wärmezufuhr, deren Wirkung mit der Höhe ihrer Temperatur und mit der Geschwindigkeit zunimmt; die verhängnissvolle Wirkung der Wüstenstürme, die sengend und verheerend auf die Pflanzen hereinbrechen,

wenn sie ihr eigentliches Gebiet verlassen, und den Menschen in Todesgefahr bringen, ist bekannt.

Ueber die physiologischen Wirkungen und die quantitativen Leistungen der strahlenden Wärme liegen bis jetzt nur Versuche am Hunde vor, welche in meinem Laboratorium ausgeführt worden sind.

Bei Sommertemperatur wirkte eine Sonnenstrahlung von 0·66 *g* Cal. pro Quadratcentimeter und eine Minute gerade so auf den thierischen Organismus, als wenn die Luftwärme im Schatten um 8·5° C. gestiegen war. Da hierbei mein Vacuumthermometer um 18° höher stand als das Schattenthermometer, so wäre demnach die physiologische Wirkung eines Grades, um den das Vacuumthermometer höher stand als das Schattenthermometer, mit 0·47° in Rechnung zu setzen, um den mittleren Wärmezustand einheitlich auszudrücken. Wenn also in einem gegebenen Falle die Luft z. B. — 12·8° misst, das Vacuumthermometer aber + 25·5° zeigt, letzterer also 38·3° höher steht wie erstere, so würde der Aufenthalt im Freien ebenso angenehm sein, als wenn im Schatten die Temperatur $(-12{\cdot}8 + 38{\cdot}3 \times 0{\cdot}47 = -12{\cdot}8 + 18{\cdot}04) = +6{\cdot}2°$ gewesen wäre.

Die Wirkung der Besonnung ist also eine sehr kräftige. Eine specifische Aenderung des Stoffwechsels bei Thieren habe ich während der Besonnung nicht finden können.

Auch beim Menschen, der sich in völliger Ruhe den Sonnenstrahlen nackt aussetzte, ist in Versuchen von *Wolpert* eine Aenderung der Kohlensäureausscheidung und der Sauerstoffaufnahme uns nicht entgegengetreten. So weit wärmeregulatorische Aenderungen in mässigem Umfange nothwendig waren, reagirte die Versuchsperson durch Aenderung der Wasserdampfabgabe. In anderen Fällen, wenn bei sehr niedriger Lufttemperatur eine starke Sonnenstrahlung thermisches Wohlbehagen erzeugt, kann natürlich auch auf dem Wege der chemischen Regulation eine Minderung des Stoffverbrauches als Folge der Bestrahlung sich einstellen.

Die Verhältnisse der Wärmeregulation des Menschen sind nach dem Dargelegten also weit complicirter und mannigfaltiger als bei den anderen Warmblütern, aber es fehlt keine der Erscheinungen, welche wir auch bei letzteren schon gesehen haben.

Die freie Wahl, die dem Menschen in seinen accessorischen Hilfsmitteln gegeben ist, benützt er im Allgemeinen so, dass er innerhalb des Gebietes der physikalischen Regulation bleibt, ausserdem versucht er aber unwillkürlich durch den Drang nach Behaglichkeit seine Entwärmung so zu gestalten, dass thunlichst dem Wärmeverlust durch Wasserverdampfung ein sehr kleines Arbeitsmaass zufällt.

XV. Capitel.

Aenderungen des Energieumsatzes bei längerer Zufuhr von Nahrung. Der Eiweissansatz.

Unter den praktischen Verhältnissen der menschlichen wie thierischen Ernährung bedeutet die Verbesserung des Ernährungszustandes oder das Wachsthum, wie bei den Kindern, ein wichtiges Ereigniss. Diese Ziele werden nur durch eine fortgesetzte überreichliche Zufuhr an Gesammtnahrung oder durch das Ueberwiegen eines zum Ansatz bestimmten Nahrungsstoffes erreicht.

Wir können daher nicht unterlassen die Frage zu erörtern, wie zwischen Nahrungszufuhr, Ueberschuss und Ansatz schliesslich ein Ausgleich zu Stande kommt; wir beginnen unsere Betrachtungen, indem wir an das Material, das im Vorstehenden niedergelegt ist, anknüpfen, an den Energieumsatz bei überreichlicher Kost.

Bei den bis jetzt mitgetheilten Versuchen war das Hauptziel in dem Nachweis, dass die Nahrungszufuhr eine unmittelbare Wirkung auf den Energieumsatz besitze, zu suchen. Offenbar kommen aber auch noch weitere Wirkungen bei länger dauernder Zufuhr zu Stande, indem der Ansatz zu Gewebe wird, die Masse des Körpers ändert. Solche durch Körperänderungen erzeugte Veränderungen des Nahrungsverbrauches hat man früher vielfach ohneweiters als Nahrungswirkung aufgefasst, indem man auf die Aenderung der Masse des Körpers selbst kein genügendes Gewicht legte.

Aber diese Frage der Wirkung der Nahrungszufuhr über die erste Einwirkung auf den Energieumsatz hinaus ist bis jetzt ebenso wenig wie die erstere, die wir nunmehr näher aufgeklärt haben, einer näheren Untersuchung unterzogen worden.

Die Wirkungen der Massenvermehrung, welche durch die überschüssige Kost entsteht, konnte sich verschieden gestalten, je nach der Natur der an dem Körper angesetzten Masse (Eiweiss oder Fett). Gleichen Gewichtsveränderungen brauchten ja nicht dieselben Wirkungen auf den Energieumsatz zuzukommen.

Ausserdem steht nicht einmal fest, ob nicht die specifisch-dynamischen Wirkungen dieselben bleiben, auch wenn man über längere Zeit hinaus die gleiche Nahrung reicht.

Wir nehmen zwar als eine Thatsache an, dass, wenn man mehr Nahrungsstoff einführt als nothwendig sind, „schliesslich" ein Nahrungsgleichgewicht erreicht wird. Die wirklichen Grundlagen aber, auf welchen sich diese Annahme aufbaut, sind sehr dürftige, die Annahme ist ein logisches Postulat, wie aber solch ein Nahrungsausgleich verläuft, ist nur ganz ungenügend bekannt.

Die einfachste Formel für die Wirkung des bei länger dauernder überschüssiger Kost eintretenden Ansatzes ist die Annahme, dass die Massenzunahme des Thieres schliesslich einen Gleichgewichtszustand zwischen Nahrung und Umsatz wieder herstellt. Nach diesem Schema lässt man den Gleichgewichtszustand beim Wachsthum zu Stande kommen. Die Masse des Thieres nimmt zu und damit steigt der Energiebedarf; so würde man, kurz gesagt, die Erscheinungen zusammenfassen. Aber diese Formel kann keineswegs den Anspruch machen, auch wirklich richtig zu sein, der Vorgang ist complicirter, wie wir sehen werden.

Diese Vorstellung kann man aber unter keinen Umständen wieder ohneweiters auf die Verhältnisse des ausgewachsenen Thieres übertragen, denn bei diesem handelt es sich nicht um eine harmonische Ausbildung aller Organe und Zellen, und wenn auch der Eiweissansatz vorläufig als das Universalmittel angesehen werden mag, welches in den Bestand des Körpers übertretend zur Zersetzungsursache werden kann, so haben wir doch in einseitigem Fettansatz eine Veränderung, deren Consequenzen für die energetischen Verhältnisse bislang nicht erkannt waren.

Zwischen Wachsthum und Ansatz bei dem ausgewachsenen Thiere bestehen auch nach anderen Richtungen hin nur sehr lockere Beziehungen in den biologischen Verhältnissen.

Beim Wachsthum findet nicht nur eine gleichmässige Veränderung aller Organe statt, sondern die Grenzen der Massenänderungen, welche hierbei vorkommen, sind ganz enorme. Wir wissen freilich nicht, aus welchen Gründen schliesslich der Stillstand des Massenwachsthums eintritt, nur das Eine steht fest, dass mit der Beendigung des Längenwachsthums auch das Massenwachsthum im Allgemeinen sein Ende erreicht.

Die zweite zu betrachtende Erscheinung ist die Auffütterung, die Mast. Die Grenzen dieser sind stofflich, wie der Masse nach beschränkt. Von den Hungerthieren weiss man, dass sie meist nach Verlust ihres halben Leibesgewichtes eingehen, die Auffütterung bis zum normalen Bestande gibt also höchstens den Spielraum einer Verdoppelung.

Der mittlere Körperzustand kann durch die Fütterung auch überschritten werden, aber nicht durch einen beliebigen Eiweissansatz. Wenn auch die Fleischmasse am Körper Schwankungen unterworfen ist, so kennt man doch keinen Fall eines monströsen Fleischansatzes. Hier müssen natürliche Verhältnisse eine Grenze

setzen. Man kennt aber unzählige Fälle einer einseitigen Aenderung des Körpers durch Fettansatz.

Die beiden Hauptrepräsentanten der Nahrungsstoffe erweisen sich schon nach dieser Erfahrung principiell verschieden. Die Organmasse und das Lebende variirt trotz grosser Nahrungsmengen, die man bei einem Fleischfresser einführen kann, sehr wenig, die Möglichkeiten einer Fettmast bieten dagegen die denkbar grössten Varianten des Leibesgewichtes. Ich habe in einer besonderen Schrift auf diese Verhältnisse der Fettmast aufmerksam gemacht.[1])

Mit der Auffütterung und der über den normalen Bestand an Körpersubstanz hinausgehenden Masse gehen Veränderungen im ganzen Habitus des Körpers vor sich, er wird plumper, unförmlicher, es treten physiologische Störungen auf, Schwerfälligkeit der Bewegungen, Störungen der Wärmeregulation, dann pathologische Erscheinungen durch übermässige Fettablagerung.

Schliesslich werden die Menschen völlig bewegungslos, es treten deutliche pathologische Veränderungen der Gewebe hinzu.

Wo hier die Grenze zwischen vollster Gesundheit, Verminderung der Leistungen, Minderwerthigkeit der Gesundheit und krankhafter Störung zu setzen ist, wäre schwer zu sagen. Indes sind für den Menschen wenigstens eine Reihe wichtiger Kriterien gewonnen, welche eine approximative Abschätzung dieser Zustände in praktischer Hinsicht erlauben, während das nähere wissenschaftliche Studium dieser Verhältnisse noch aussteht.

Es wird aber an der Hand meiner Untersuchungen doch möglich sein, etwas mehr über diese Vorgänge zu sagen, als bisher bekannt war. Ich wende mich zunächst an die Frage der Möglichkeit der Auffütterung (des Ansatzes).

Die praktische Erfahrung lehrt den grossen Gegensatz, der zwischen der Möglichkeit einer Eiweissmast und Fettmast besteht, den man aber bisher zu wenig gewürdigt hat.

Die Angelegenheit hat aber grosses wissenschaftliches Interesse, ich will mich daher näher mit der Frage beschäftigen.

Man könnte zwar meinen, durch die bisherigen Angaben über die specifisch-dynamische Wirkung der Nahrung sei die Angelegenheit bereits erledigt. Das Eiweiss steigert den Energiemehrverbrauch in viel höherem Grade als Fett und Kohlehydrat. Dies ist richtig. Aber es kommen noch andere Bedingungen in Betracht und der einfache Nachweis der grösseren Steigerung des Energieverbrauches nach Eiweisszufuhr erklärt die Verhältnisse nicht zureichend.

Man hat sich früher wohl damit geholfen, dass man, noch ehe man die specifisch-dynamische Wirkung der Nahrungsstoffe kannte, den Eiweissstoffen noch eine besondere Beziehung zu den Zellen zuschrieb, indem man behauptet, dass durch das Eiweiss besondere Ver-

---

[1]) Beiträge zur Ernährung im Knabenalter. Berlin 1902.

änderungen in den Organen erzeugt würden, durch welche dann weit mehr an Nahrung zerstört werden könnte, als wenn keine Eiweissfütterung stattgefunden hätte. Eine ähnliche Erklärung wollte seinerzeit auch *v. Hösslin* zu Grunde legen, um den Umstand zu erklären, dass in den Versuchen von *Pettenkofer* und *Voit* die Thiere sehr grosse Eiweissmengen zu zerstören vermochten. Durch solche Annahmen wird keine Erklärung geschaffen, sondern diese nur wieder auf eine andere unbekannte Grösse verschoben.

Unzweifelhaft erklärt die specifisch-dynamische Wirkung im Zusammenhange mit der Compensationshypothese und der ausschaltenden Wirkung der ersteren nach meinen Experimenten die ungleichen Ergebnisse bei Fett- oder Eiweissfütterung in ganz anderer Weise.

Beide Vorgänge, Wachsthum und Ansatz, werden offenbar von verschieden regulirenden Factoren in gewissen Grenzen gehalten. Man kennt aber bis jetzt diese letzteren zur Zeit noch gar nicht. Wir wollen daher versuchen, auch diese Erscheinungen einer Aufklärung näher zu bringen.

Wir wenden uns wieder der Analyse der nach reichlicher Nahrungszufuhr eintretenden Erscheinungen zu und verfolgen sie über die erste eintretende Erhöhung des Kraftwechsels hinaus.

Schon die früher mitgetheilten Versuche zeigen dabei ein Resultat, welches die Aufmerksamkeit auf sich lenken muss. Zumeist findet man nämlich am zweiten Fütterungstage einen grösseren Energieumsatz als an dem ersten. Diese Erscheinung kann nicht mehr als eine directe und unmittelbare Wirkung der Nahrung angesehen werden.

Für manche Versuche könnte man aber vielleicht die Annahme wagen, dass am ersten Tage nicht die gesammte Nahrung verdaut worden sei. Der Erklärungsversuch hinkt aber, da man auch bei kleinen Nahrungsüberschüssen solch ein nachträgliches Steigen des Energieumsatzes findet. Ebenso wenig ist die Hypothese zulässig, dass eben das reichliche Material an dem zweiten Tage die Zersetzung anregt. Diese Annahme ist schon oben widerlegt worden. Aber es handelt sich praktisch auch gar nicht einmal um Unterschiede, welche nur zwischen dem ersten und zweiten Fütterungstage entgegen treten, sondern um allmählich zunehmende Wirkung der Kost, welche schliesslich mit einem Wärmegleichgewicht endet, aber aus einem einfachen Anwuchs nicht zu erklären ist.

Bis jetzt sind fortgesetzte Fütterungsversuche unter Bestimmung des Energieumsatzes nicht gemacht, ich gehe daher an die Betrachtung einer solchen von mir ausgeführten Reihe.

Wir haben für jeden Stoff eine specifisch-dynamische Wirkung angenommen, neben dieser hat der Umstand, dass von dem Ueberschuss eine in mehreren Versuchen ganz ähnliche Grösse zum Ansatz kam, das Augenmerk auf sich gelenkt. So kamen in einigen Fällen bei Eiweiss 36% auf die dynamische Wirkung und 64% auf den Ansatz. Diese letzte Grösse ist aber nicht im Entferntesten als eine constante

zu betrachten, im Gegentheil eine variable Grösse, die kleiner werdend allmählich dem Werthe 0 zustrebt, d. h. Zufuhr und Ausfuhr sich decken. An die erste wärmesteigernde Wirkung der Nahrung reiht sich in vieltägigen Perioden eine allmählich zunehmende Wärmebildung an. Die nachfolgende zehntägige Reihe gibt die täglichen Aenderungen des Energieumsatzes:

Tabelle 93.

7. bis 23. Februar 1883.

Nummer	Zufuhr	N im Harn	N im Koth	Summe beider	C in der Respiration	C im Harn	C im Koth	Gesammt-C-Ausscheidung	Eiweiss-C abgezogen	Temperatur in ° C.	Ventilation	Körpergewicht
1	—	1·26	0·05	1·31	25·37	0·94	0·57	26·88	22·58	16·5	68.000	5·94
2	—	1·47	0·05	1·52	22·81	1·10	0·57	24·48	19·50	16·8	70.000	5·82
3	500 *g* Fleisch, 50 *g* Wasser	12·85	0 20	13 05	30·76	7·64	1·43	39·83	+ 2·97	17·9	69.000	5·86
4	„	14·00	0·20	14·20	32·91	8·54	1·43	42·88	+ 3·70	17·3	74 000	6·00
5	„	14·50	0·20	14·70	36 28	8·84	1·43	46·59	+ 1·62	17·9	70.000	6·04
6	„	14·60	0·20	14·80	35·67	8·91	1 43	46·01	+ 2·53	18·1	60.000	6·15
7	„	15·88	0·20	16·08	37·17	9·69	1·43	48·29	+ 4·45	17·6	69.000	6·21
15	„	16·60	0·20	16·80	39·23	10·13	1·43	50·79	+ 4·31	16·3	71.000	6·22
16	Hunger . . .	3·65	0·05	3·70	30·32	2 74	0·57	33·63	21·49	18·4	73.000	6·15
17	„ . . .	2·59	0·05	2·64	25·79	2·14	0·57	28·50	19·84	19·2	70.000	5·98

Tabelle 94.

Nummer	Wärmewerth der Zufuhr	N ausgeschieden	Fett-C ausgeschieden	Wärme aus Eiweiss	Wärme aus Fett (Kohlenstoffumsatz)	Gesammte Wärmebildung	Wärme pro 1 *kg*
1	—	1·31	22·58	32·88	277·73	310·61	52·28
2	—	1·52	19·50	38·15	239·85	278·00	47·76
3	481·5	13·05	+ 2·97	342·11	(— 30·68)	311·43	53·15
4	481·5	14·20	+ 3·70	372·04	(— 38·22)	333·82	56·36
5	481·5	14·70	+ 1·62	385·14	(— 16·73)	368·41	60·99
6	481·5	14·80	+ 2·53	387·76	(— 26·06)	361·70	58·81
7	481·5	16·08	+ 4·45	421·30	(— 45·83)	375·47	60·46
8	481·5	16·80	+ 4·31	440·16	(— 44·39)	395 77	63·63
9	—	3·70	21·49	92·87	264·33	357·20	57·75
10	—	2·64	19·84	66·26	244·03	310·29	51·71

500 *g* Fleisch, welche nach zwei Hungertagen gereicht wurden, waren zunächst für das Thier eine überschüssige Kost von erheblichem Umfang. Von Tag zu Tag nahm der Ansatz merklich ab, der Energieumsatz in gleichem Maasse zu, so dass zu Ende der Reihe ein N-Gleichgewicht bestand (Einnahme 17·0 N, Ausgabe 16·8). Das erste Ansteigen

der Wärmebildung ist gegenüber anderen früher betrachteten Versuchen gering. Zu Ende der Versuchsreihe wurde etwas weniger Kohlenstoff ausgeschieden, als der Fleischzersetzung entsprach; die Menge dieser Aufspeicherung war täglich nicht gross, vielleicht aber beachtenswerth in ihrer Summation.

Die an den Fütterungstagen fortlaufend anwachsende Wärmebildung kann durch den im Gewichtszuwachs sich ausdrückenden Massengewinn nicht erklärt werden, da ja eine Reduction des Energieumsatzes auf die Körpergewichtseinheit immer noch ein Steigen der Wärmebildung verräth.

Diese Mehrung der Wärmebildung will ich in Zukunft, der rascheren Ausdrucksweise willen, als secundäre Wärmesteigerung bezeichnen, im Gegensatze zur primären, welche bisher als die specifisch-dynamische Wirkung der Nahrungsstoffe genannt worden ist. Ich will damit nur eine bequeme Ausdrucksweise ermöglichen, ohne damit wieder das Wesen des Vorganges, das erst später näher und definitiv aufgeklärt werden kann, zu präjudiciren.

Der Ansatz aus Eiweiss war völlig zum Stillstand gekommen und das Thier hatte am Ende der Reihe pro 1 *kg* gerechnet einen Wärmeverbrauch, der um 26% grösser war, als im Hungerzustande vor der Reihe. Er war also, von der Gewichtsveränderung ganz abgesehen, sehr gesteigert.

Es liegt also hier eine erst allmählich sich ausbildende Wirkung der Nahrung vor, welche unter rascher Steigerung der Wärmebildung über die Körpermasse hinaus und in beschleunigtem Tempo zu einem Wärmegleichgewichte führt.

Der lange dauernde Versuch erweist genau und eingehend die den Energieumsatz steigernde Wirkung der Nahrung.

Neben der gewaltigen primären specifisch-dynamischen Wirkung haben wir hier also ganz unzweifelhaft eine secundäre Wirkung von grosser Bedeutung zu verzeichnen.

Die Steigerung der Wärmebildung in absoluten Werthen und im Vergleich zum Beginne der Hungerreihe gerechnet, macht 32% aus. Der Zuwachs nach den Werthen, pro 1 *kg* berechnet, 27·4%. Man wird diese Erscheinung gerne mit dem Worte erklären, dass hier eben der „Ernährungszustand" sich gebessert habe. Damit ist aber die Sache nicht durchsichtiger geworden, so lange wir nicht sagen können, welche Umänderung die Ursache der secundären Wirkung ist.

Um die Aenderungen der energetischen Verhältnisse nach Eiweisszufuhr zu erklären, muss man sonach auf zwei Gründe zurückgreifen, auf die specifisch-dynamische Wirkung und eine weitere, welche vielleicht mit Aenderungen des Körperzustandes zusammenhängt.

Es wäre zu rasch vorgegangen, wenn man diese Ergebnisse bereits wieder verallgemeinern wollte. Schon der Umstand, dass in meiner Versuchsreihe der Fettansatz weiter ging, während die Eiweissersetzung offenbar ihr Maximum erreicht hatte, zeigt die specifische Ver-

schiedenheit der Kost je nach den Nahrungstoffen. Eiweiss und Fett müssen sich also in ihrer secundären Wirkung verschieden verhalten. Somit hätten wir eingehender noch zu erweisen, dass nach erreichtem Eiweissgleichgewicht auch die secundäre Wirkung ausbleibt oder wenigstens zurücktritt, und endlich wäre darzuthun, inwieweit der „N-Ansatz" generell in eine rechnerische Beziehung zur Wärmesteigerung gebracht werden kann.

Ich will daher auf Grund meiner Versuche etwas eingehender die hier angeregten Fragen zu beantworten suchen.

Die secundäre Nahrungswirkung ist bei Eiweisszufuhr nur vorhanden, so lange eine Steigerung des N-Umsatzes eintritt, und so lange der Eiweissansatz nicht zu Ende gekommen ist. Die Eiweissnahrung hat über diese Grenze hinaus keine Wirkung, sie reisst also nicht etwa auch noch anderes Nahrungsmaterial in diesen vermehrten Energieverbrauch hinein, noch auch bedingt jede Mehrung des N-Ansatzes und jede Mehrung der Eiweisszersetzung eine secundäre Nahrungswirkung.

Diese Behauptungen werden durch die folgenden Versuche gestützt.

Bei überreichlicher Kost, aber ohne Eiweissansatz ändert sich die Wärmebildung nicht mehr.

(S. oben physikalische Regulation S. 158.) Bei Fleischzufuhr fand sich:

Wärme pro 1 *kg*
42·64
41·83
41·13
41·10

Die Wärmebildung war dem Hungerzustande gegenüber erheblich vermehrt, aber das Thier von Anfang an in N-Gleichgewicht; die Zahlen zeigen eine fast absolute Uebereinstimmung der Wärmebildung.

Ganz ähnliche Verhältnisse bot das folgende Experiment bei Eiweisszufuhr (Tabelle 95).

An dieser Stelle möchte ich auch ein paar Versuche von *Pettenkofer* und *Voit* erwähnen, welche ich auf Grund der Originalzahlen nach meinen Standardwerthen so berechnet habe, dass sich Angaben über die Wärmeproduction der von den genannten Forschern untersuchten Thiere machen lassen. Die Ausbeute an Versuchen, die sich für die vorliegende Frage verwenden lassen, ist freilich sehr gering, da *Pettenkofer* und *Voit* die Uebergangsstadien der Ernährung, welche gerade den Angelpunkt der vorliegenden Untersuchungen bilden, fast gar nicht in den Kreis der Beobachtung gezogen haben, sondern den wirklichen Gleichgewichtszuständen nachgegangen sind.

Aber zwei Reihen bei 1500 *g* Fleischfütterung und 2000 *g* Fleisch eignen sich zu einem Vergleich.

Mit 1500 *g* Fleisch liegen mehrere Serien von Versuchen vor, aber bei der einen sind Versuche erst begonnen worden, nachdem die Ein-

Tabelle 95.

Temperatur 20·2. 580 *g* Fleisch.[1])

Tag	Zufuhr	Calorien Strahlung Leitung	Calorien Wasser-verdunstung	Gesammt-calorien	Gewicht in *kg*
1.	Hunger	426·5	109·8	536·3	12·0
2.	„	422·1	98·6	520·7	11·75
3.	680 *g* Fleisch . . .	514·3	165·1	679·4	11·35
4.	„ . . .	539·3	148·6	687·9	—
5.	„ . . .	488·1	178·0	666·1	—
6.	„ . . .	519·6	179·1	698·7	—
7.	„ . . .	482·5	199·3	681·8	—
8.	„ . . .	500·0	174·2	674·2	—
9.	„ . . .	492·1	187·3	679·4	—

stellung auf die Kostmenge sich schon vollzogen hatte, bei einer zweiten steht der erste Fütterungstag unzweifelhaft noch unter der Kohlehydratwirkung einer vorhergegangenen gemischten Kost. Dagegen entspricht die dritte Reihe etwa unseren Versuchsbedingungen. Vorher ging Fütterung mit 500 *g* Fleisch, das ist sozusagen halbe Inanition, dann folgt der Versuch mit 1500 *g* Fleisch.

Tabelle 96.

Versuche von *Pettenkofer* und *Voit*. 1. bis 21. Juni 1863. 1500 *g* Fleisch.

Tag	Gewicht	N ausgeschieden	C ausgeschieden	Fett-C	Calorien aus Eiweiss	Calorien aus Fett	Summe	pro 1 *kg*
1. Juni	29·7	41·6	143·4	8·0	1082	98 4	1180	29·7
8. „	31·2	51·3	168·9	0·5	1384	6·1	1390	44·5
12. „	31·2	51·9	168·8	(— 1·2)	1399	(— 12·2)	1387	44·4

Unter Eiweissansatz, der nicht unbeträchtlich war, geht die Wärmebildung um etwa 12% in die Höhe, nachdem die erste Wirkung der Nahrungszufuhr den Umsatz (wahrscheinlich von 33 Cal. pro 1 *kg*) auf 39·7 erhöht hatte.

Eine andere Reihe, die freilich nur zwei Versuche aufweist, zeigt ähnliches.

Vom ersten Tage der Fütterung steigt unter mässigem Eiweissansatz die Wärmebildung von 50·5 auf 53·8 Cal. pro 1 *kg*.

---

[1]) Zeitschr. f. Biol., Bd. XXX, S. 120 und 134.

Tabelle 97.

Nach Versuchen von *Pettenkofer* und *Voit*. 21. bis 29. Juni 1863. 2000 *g* Fleisch.

Tag	Gewicht	N-Umsatz	C ausgeschieden	C angesetzt	Calorien aus Eiweiss	Ansatz abgezogen	Pro 1 *kg* Calorien
21. Juni	31·2	67·3	203·7	(— 17)	1750	1577	50 5
26. „	31·6	71·7	219·2	(— 17)	1864	1701	53·8

Das Thier stellte sich ungemein rasch auf die grössere Fleischzufuhr ein. Beide Reihen, die mit 1500 *g* Fleisch und die eben erwähnte, können also zur Bestätigung der anderweitig erwiesenen Thatsachen dienen.

Ich kehre zur Betrachtung des früheren Materiales zurück.

Ist demnach ein Eiweissgleichgewicht erreicht und wird der Versuch auch weiter geführt, so hält sich, selbst wenn er nebenbei noch zu allmählichen Fettansatz kommen sollte, der Energieumsatz zunächst auf derselben Höhe.

Das Fett, welches, wie wir sahen, eine geringe specifisch-dynamische Wirkung hat, muss auch, was den Werth für eine Mehrung des Stoffwechsels durch Ansatz anbelangt, minderwerthig sein. In dem zuletzt angeführten Versuch kann der Fettansatz vielleicht gar nicht so unbedeutend gewesen sein und doch besteht — wenigstens tagelang — Energiegleichgewicht. Es lassen sich aber noch andere Beispiele anführen.

Von gefüttertem Fett wird bei überschüssiger Zufuhr nur wenig zur Steigerung der Wärmebildung verbraucht und ein grösserer Theil zum Ansatz und Fettwachsthum verwendet. Aber an den aufeinander folgenden Fütterungstagen mit überschüssigem Fett steigt die Wärmebildung nicht an. Der Fettansatz erfolgt in unvermindertem Maasse weiter.

Bei reiner Fettzufuhr mit 40% Ueberschuss habe ich als Wärmebildung gefunden:[1])

1.	Tag	300·9	Cal.
2.	„	293·2	„
3.	„	313·0	„
4.	„	300·7	„
5.	„	302·1	„

Hier ist bei allmählich steigendem Körpergewicht in fünf Tagen von einer Mehrung der Wärmeproduction nichts wahrzunehmen.

Bei 80 *g* Fleisch und 30 *g* Fett (21·5% der Calorien in Eiweiss), womit der Bedarf um 24% überschritten wurde, in sieben Tagen trotz Fettansatz keine Steigerung der Wärmebildung.

---

[1]) Biol., Bd. XXX, S. 124.

1. Tag	345·8 Cal.	5. Tag	311·8 Cal.
2. „	311·6 „	6. „	305·3 „
3. „	306·6 „	7. „	302·7 „
4. „	295·9 „	8. „	313·0 „

Bei demselben Thiere und unter denselben Verhältnissen, nur unter langsamem Eiweissansatz eine Steigerung des Umsatzes in den späteren Tagen um 23%.[1])

1. Tag	326·8 Cal.	7. Tag	292·1 Cal.
2. „	325·2 „	8. „	298·2 „
3. „	306·5 „	9. „	359·6 „
4. „	312·9 „	10. „	378·9 „
5. „	296·9 „	11. „	357·4 „
6. „	301·9 „	12. „	402·6 „

Bei steigender Wärmebildung hat der Hund die Entwärmung seines Körpers wesentlich durch gesteigerte Verdunstung bestritten. Der allmähliche Eiweissansatz hat allmählich auch das Fett mit in die Verbrennung hineingezogen. Der Mehrbedarf an Wärmebildung stammt hier keineswegs nur aus der Eiweisszersetzung, sondern den Mehrbedarf deckt der Körper eben durch das Nahrungsmaterial, welches ihm zur Verfügung steht. Ist nur Eiweiss vorhanden durch dieses letztere, bei reichlichen Fettgaben zum Theile durch letzteres.

Als ein weiterer Beleg für einen lange dauernden Ansatz, ohne Steigerung der Wärmebildung mag noch folgende längere Reihe an einem kleinen Hunde dienen.

Tabelle 98.

Januar bis Februar 1890.

Tag	Kost	N im Harn	N im Koth	Gesammt-stickstoff	C der Respiration	C im Harn	C im Koth	Gasammt-C	Fett C	Calorien aus Eiweiss	Calorien aus Fett	Gesammt-menge der Calorien	Temperatur
6.	80 *g* Fleisch, 30 *g* Fett .	3·68	0·06	3·74	24·19	2·14	—	26·33	14·1	97·2	173·0	270·0	20·2
7.	„	3·13	0·06	3·2	23·0	1·95	—	24·9	14·5	83·0	178·0	261·1	20·2
8.	„	3·40	0·06	3·6	23·3	2·1	—	25·4	14·1	89·3	173·5	262·7	20·2
9.	„	3·32	0·06	3·4	22·3	2·1	—	24·3	13·3	85·6	163·2	248·9	20·2
10.	„	3·32	0·06	3·4	22·8	2·1	—	24·8	13·7	87·8	169·0	256·8	20·2
11.	„	3·13	0·06	3·2	21·5	1·9	—	23·4	13·0	83·0	159·6	242·6	20·2
12.	„	2·81	0·06	2·9	21·6	1·7	—	23·3	13·9	74·4	171·7	246·2	20·2
13.	„	2·94	0·06	3·0	22·5	1·8	—	24·3	14·5	78·0	178·4	256·3	20·2
14.	„	3·02	0·06	3·1	22·3	1·9	—	24·7	14·6	80·0	179·6	259·7	20·2
15.	Hunger . . .	1·33	0·06	1·4	19·0	0·97	—	19·9	15·2	34·8	188·3	223·2	20·2
16.	„ . . .	1·60	0·06	1·7	18·7	1·2	—	19·9	14·2	41·5	177·8	218·7	20·2
17.	320 *g* Fleisch,	8·68	0·22	8·9	26·2	5·4	1·1	32·7	3·6	231·3	46·3	281·6	20·2
18.	„	9·30	0·22	9·5	28·2	5·6	1·1	34·9	3·7	246·7	46·6	290·6	20·2

[1]) Biol., Bd. XXX, S. 121.

Der Hund erhielt täglich 80 *g* Fleisch und 30 *g* Speck = 354 Cal., er verbrauchte davon aber nur einen Theil und setzte täglich im Durchschnitt 96·9 Cal. an. Mit dem Eiweiss des Fleisches hatte er sich in den letzten drei Tagen etwa ins Gleichgewicht gestellt, während er anfänglich abgab.[1]) Die mittlere Wärmeproduction des gefütterten Thieres war 256·0 Cal., der nachfolgende Hungertag gab 223·2 Cal., die Wärmesteigerung betrug im Mittel 11·02%, der Ueberschuss der Kost 58·7%.

Meine hier niedergelegten Anschauungen über die secundäre Nahrungswirkung, welche mit dem Ansatz an Eiweiss am Körper Hand in Hand geht, finden also in den älteren Experimenten von *Pettenkofer* und *Voit* eine Stütze, wenn man das gehörige Material auswählt und vom energetischen Standpunkte aus betrachtet.

Im Gegensatz zu dem Eiweiss steht das Fett, bei dessen Ansatz unter den gleichen Verhältnissen, wie wir die Versuche bei Eiweiss betrachtet haben, die secundäre Nahrungswirkung vermisst wird.

Die geringe Wirkung des Fettansatzes auf die Steigerung der Wärmebildung lässt sich in einer Reihe von *Pettenkofer* und *Voit* am Hunde darthun. Leider liegt kein Hungerversuch dieser Reihe benachbart. Man kann aber etwa 35·5 pro 1 *kg* des von *Pettenkofer* und *Voit* angewandten Thieres als Hungerwerth zu Grunde legen. Die Nahrung betrug etwa 79·4 Cal. pro 1 *kg*, demnach war als Näherungswerth der Ueberschuss = 123%.

Es liegen nur fünf Respirationsversuche vor, die sich auf die Zeit von 57 Tagen vertheilen, derart, dass die beiden ersten ein Bild der Zersetzungen zu Beginn der Reihe, die drei letzten einen Maassstab für den Energieumsatz nach einem gewaltigen Fettansatz geben, der das Gewicht des Thieres von 29·7 auf 34·5 in die Höhe gebracht hat. Der Fettansatz hat also 4 bis 5 *kg* ausgemacht.

Die N-Aenderungen sind so gut wie ganz abgeglichen, denn sie betrugen bei den einzelnen Versuchen für den Tag

— 1·3	+ 1·1	— 1·3
— 0·7	— 0·8	

so dass sich mit Berücksichtigung der ungleichen Zeitperioden, die zwischen den Versuchen liegen, kaum ein Verlust von 1·4 *g* N herausrechnen dürfte.

Die ursprünglichen Angaben von *Pettenkofer* und *Voit*, betreffs N- und C-Ausscheidung, habe ich wieder nach meinen Standardzahlen umgerechnet.

---

[1]) Die Ausscheidung von Wasserdampf war:

6. Tag	106·7	11. Tag	67·4
7. „	94·0	12. „	59·8
8. „	92·8	13. „	46·4
9. „	65·8	14. „	44·8

Gewicht am 15. Tag = 4·4 *kg*.

Tabelle 99.

Versuche von *Pettenkofer* und *Voit*.[1])

(Täglich 500 *g* Fleisch, 200 *g* Fett = circa 2360 Cal.)

Tag	Gewicht	N ausgeschieden	C aus Fett	Calorien aus Eiweiss	Calorien aus Fett	Summe der Calorien	Pro 1 *kg*	Mittel
3. Juni .	29·7	18·3	75·7	476	919	1395	46·9	} 47·9
6. „ .	29·7	17·7	80·8	460	994	1456	49·0	
22. Juli .	34·1	15·9	107·4	418	1321	1739	50·9	} 48·6
27. „ .	34·5	17·8	96·7	463	1176	1649	47·7	
30. „ .	34·5	18·3	93·5	476	1150	1626	47·1	

Der absolute Energieumsatz hat sich also wohl geändert. Die Einlagerung von Fett wirkt in gewissem Sinne steigernd auf die Wärmebildung. Aber wenn man nur die Kilogrammwerthe in Rechnung zieht, so ist von einer besonderen, den Umsatz steigernden Wirkung, wie sie Eiweissansatz unter diesen Umständen zeigen würde, nichts zu finden. Das Mittel pro 1 *kg* zu Anfang und zu Ende der 57tägigen Reihe gibt nur ein + von (47·9 : 48·6) etwa 1·5%.

Noch eine der von *Pettenkofer* und *Voit* ausgeführten Reihen kann hier angeführt werden zur Bestätigung des Gesagten. Ein Hund wurde vom 9. bis 30. März 1863 mit 1500 *g* Fleisch und steigender Fettmenge gefüttert. Auch hier fehlt zur vollen Berechnung ein Vergleich mit dem Hungerzustand, aber da es sich im Wesentlichen um die Zuwächse handelt, wie sie, abgesehen von der unmittelbaren Nahrungswirkung, beobachtet werden, hat die Betrachtung der Zahlen doch Bedeutung. Der Versuch 17. März ist beiseite gelassen, da er aus unbekannten Gründen ganz aus der Reihe fällt.

Das Thier hat während der Versuche etwas N angesetzt; wenn es erlaubt ist, aus den „Harnstoffzahlen" einen Schluss zu ziehen, so mögen zwischen 20 und 30 *g* N angesetzt worden sein, recht wenig für das grosse Thier. In Tabelle 100 sind die calorischen Werthe eingetragen.

Der Energieumsatz des Thieres steigt, aber wenn man die Kilogrammwerthe im Mittel vergleicht, so ist dieses Anwachsen zwar stetig, aber gering = + 7·5%. Diesen Zuwachs als eine Wirkung des Fettes anzusehen, ist, glaube ich, nicht mit Bestimmtheit erlaubt. Nach einer Richtung wird man sagen können, dass der langdauernde Fettansatz

---

[1]) Nach den Originalzahlen für N- und C-Ausscheidung umgerechnet. Biol., Bd. VII, S. 9 ff.

Tabelle 100.

Nach Versuchen von *Pettenkofer* und *Voit* berechnet.

März 1863	Zufuhr	Gewicht	N ausgeschieden	C aus Fett	Calorien aus Eiweiss	Calorien aus Fett	Summe der Calorien	Pro 1 *kg*
9.	1500 *g* Fleisch, 30 *g* Fett	33·3	49·4	19·1	1284	235	1519	45·2
13.	1500 *g* Fleisch, 30 *g* Fett	33·5	49·7	16·8	1291	207	1499	
20.	1500 *g* Fleisch, 100 *g* Fett	33·5	46·7	22·5	1214	277	1491	46·0
24.	1500 *g* Fleisch, 100 *g* Fett	34·3	48·6	29·6	1264	364	1628	
27.	1500 *g* Fleisch, 150 *g* Fett	34·4	50·0	28·3	1350	384	1698	48·7
30.	1500 *g* Fleisch, 150 *g* Fett	35·0	48 9	33·5	1271	412	1683	

nur wenig Veränderungen hervorgerufen hat.[1]) Die C-Mengen, welche an den Respirationstagen im Körper blieben, waren:

29·4	75·3
30·9	110·3
88·6	108·6

Die Steigerung, wie sie sich hier zeigt, glaube ich dem wenn auch unbedeutenderen N-Ansatz mit grösserem Rechte zuzuschreiben.

Eine richtige Fettmast ist beim Hunde schwer zu erreichen; dass sie schliesslich bei starker Zunahme des Körpergewichtes auch zu Veränderungen der Wärmebildung führen wird, ist nach Analogie der bei dem Menschen gefundenen Verhältnisse zu erwarten. Aber es sind ihr offenbar viel weitere Grenzen gesteckt. Schon die Masse des Fettes hat günstige Bedingungen beim Ansatz insoferne, als das Fett, wasserfrei abgelagert, dem Gewichte wie dem Volumen nach nur wenig Veränderung hervorruft. Kaum ein Zehntel der durch den Fleischansatz bedingten räumlichen Aenderungen werden durch das Fett herbeigeführt.

Häufiger und leichter lässt sich die Mast bei anderen Thieren, auch beim Menschen, erzielen. Es scheint auch, als wenn im Allgemeinen die Fettmast leichter dort eintrete, wo man Kohlehydrate in der Kost in ausgiebigem Maasse verwenden kann, als bei der reinen Fleisch- und Fettkost. Ich will damit nicht sagen, dass die letztere Kostnorm unter keinen Umständen eine excessive Fettmast ermögliche, aber die Fettmast durch Kohlehydratüberschuss ist doch die Hauptsache.

---

[1]) Die Nahrungsmengen waren pro 1 *kg* in den drei Reihen:

51·7 Cal. (Näherung)
70·0 „
82·6 „

Beim Menschen habe ich zwei Knaben, Brüder, die fast gleich schwer waren, deren einer mager war, während der andere typisch fettsüchtig, auf ihren Stoff- und Kraftwechsel untersucht. Die Ergebnisse können die Lücken, welche bei dem Versuche am Hunde noch blieben, ausfüllen und die Wirkung starken Fettansatzes zeigen.

Es hat sich ergeben, dass der fettsüchtige Knabe, der erheblich gleichalterige im Gewichte überstieg, in seinem Energieverbrauch insoweit geändert war, als der Zunahme seiner Oberfläche gemäss berechnet werden konnte. Das Fett, reichlich abgelagert, kann also allmählich zu einer Steigerung des Kraftverbrauches führen; allein diese Wirkungen sind mit den raschen Wärmesteigerungen nach Eiweisszufuhr kaum in Parallele zu stellen. In den von mir näher beschriebenen Fällen fehlte die secundäre Wirkung der Nahrung bei Fettfütterung vollkommen, da eine über das Massenwachsthum und seine Folgen hinausgehende Mehrung des Energieumsatzes nicht nachzuweisen und die secundäre Nahrungswirkung, die bei dem Eiweiss so markant in die Erscheinung tritt, fehlt also nach den im Vorstehenden niedergelegten Untersuchungen beim Fett fast ganz. Es ist bei der sonst völligen Analogie zwischen den beiden N-freien Stoffen, Fett und Kohlehydraten, und bei dem Umstande, dass der nach Kohlehydratfütterung verbleibende Reservestoff im Körper selbst Fett ist, auch anzunehmen, dass die secundäre Nahrungswirkung auch bei diesen sozusagen Null sein wird und die Erscheinungen nach abundanter Kohlehydratzufuhr in den für Fett gegebenen Normen sich bewegen.

In welcher Weise eine Reihe mit Fettüberschuss ihr Ende erreichen würde, hängt ganz davon ab, welche Veränderungen ein überreichlicher Ansatz von Fett am Körper hervorbringt. Vermuthlich versagt bald der Appetit der Thiere, wenigstens habe ich grössere Fettmengen niemals längere Zeit für sich oder auch neben wenig Fleisch geniessen sehen. Fast alle Experimente mit überschüssiger Kost nehmen über kurz oder lang das Ende, dass eben die Nahrung nicht mehr aufgenommen wird. Alle bedeutenden Veränderungen werden weniger durch grosse Ueberschüsse gewonnen, sondern mehr als die chronische Wirkung eines mässigen Ueberschusses.

Ich habe bewiesen, dass die Eiweissstoffe eine secundäre Wirkung auf den Energieumsatz äussern, welche über das Maass des Massenwachsthums hinausgeht.

Die Steigerung der Zersetzung bei lange dauernder überschüssiger Zufuhr ist von einem Eiweissansatz begleitet. Der naheliegende Schluss aber, dass jeder Eiweissansatz mit einer Mehrung der Wärmebildung über das Maass des Massenwachsthums hinaus verbunden sei, wäre falsch. Dies zeigen die nachfolgenden Versuche mit voller Klarheit.

Es ist auch Eiweissansatz möglich ohne jede Veränderung der energetischen Verhältnisse.

Bei niedrigen Temperaturen und mässigen Eiweissgaben ist trotz Ansatz an N eine Mehrung der Wärmeproduction

nicht nachzuweisen. Nach Hunger erhielt ein Hund 720, beziehungsweise 760 *g* Fleisch und setzte 8·7, beziehungsweise 4·7 *g* N an.

Die Calorienmenge pro 1 *kg* war:[1])

Hunger	45·61
„	43·26
Fleisch	44·48
„	46·16

Noch grössere Differenzen beobachtete ich in einer Reihe von Versuchen mit Fütterung reinen Muskeleiweisses. Es wurden angesetzt:

11·22 *g* N
8·20 *g* N
8·50 *g* N
7·46 *g* N

und die Wärmebildung an den aufeinander folgenden Fütterungstagen war:[2])

963·6
965·0
961·2
944·2

Es kann also nicht nur die pro 1 *kg* Lebendgewicht berechnete Wärmemenge gleich bleiben, sondern auch trotz dem N-Ansatz die gleiche absolute Wärmemenge entstehen.

Trotz einer Mehrung des N-Ansatzes um 25·38 *g* war eine Steigerung der Wärmebildung ganz ausgeblieben, das Thier setzte sich auch ohne eine solche allmählich ins Gleichgewicht, denn die täglichen Ansätze an N werden immer kleiner. In beiden Fällen gab nebenbei das Thier noch Fett vom Körper in mehr oder minder beträchtlichem Grade ab.

Ganz dieselben Beobachtungen kann man machen, wenn man ein Thier bei einer so hohen Lufttemperatur hält, dass jedwede chemische Regulation unbedingt beseitigt ist. Ein Hund war bei 26° etwa an der Grenze der chemischen und physischen Regulation angekommen; ich habe ihn im Calorimeter constant bei einer Temperatur von 33° gehalten.

Als der Hund unter diesen Bedingungen beobachtet wurde und zwei Drittel so viel Calorien in Fleisch erhielt, als seinem Hungerbedarf entsprach, setzte er in vier Tagen doch 4·54 *g* N an. Die Wärmebildung liess aber keine zunehmende Steigerung erkennen; sie war am 19. bis 22. Juni 1901 pro 1 *kg*:

2. Tag	61·7	Cal.
3. „	61·3	„
4. „	57·3	„

---

[1]) Zeitschr. f. Biol., Bd. XIX, S. 349.
[2]) Ibid. Bd. XXII, S. 49.

Am 2. bis 5. Juli erhielt er dann reichlich Eiweiss, konnte sich aber mit der gereichten Menge nicht völlig erhalten. Er setzte in diesen vier Tagen 6·7 *g* N an und die Wärmebildung pro 1 *kg* war:

1. Tag 71·9 Cal.
2. „ 73·4 „
3. „ 71·5 „

Demnach trotz Eiweissansatz keine Aenderung der Wärmebildung. Am 9. bis 10. Juli unter denselben Bedingungen ein Ansatz von 3·82 *g* N und eine Wärmebildung war:

1. Tag 68·5 Cal.
2. „ 66·2 „

Am 17. bis 18. Juli erhielt er wieder annähernd zwei Drittel seines Bedarfes durch Fleisch gedeckt, setzte in zwei Tagen 3·00 N an. Die Wärmebildung war:

1. Tag 61·9 Cal.
2. „ 60·0 „

Auch diese vier Reihen, die bei Lufttemperatur von 33° angestellt sind, also unter solchen Umständen, die bei dem Thiere jede Möglichkeit einer chemischen Regulation ausschliessen, beweisen, dass der N-Ansatz ohne Wirkung auf die Zunahme der Wärmebildung bleiben kann. Alle vier Reihen haben das Gemeinsame, dass ein Ueberschuss an Nahrung nicht vorhanden war, in dem Sinne, dass jeglicher Stoffverlust vermieden war, sondern es wurde in einzelnen Fällen mehr, in anderen etwas weniger, immer aber Fett vom Körper abgegeben.

Somit ergibt sich für mittlere wie sehr hohe Lufttemperatur, dass der Eiweissansatz nur dann von einer Mehrung der Wärmeproduction (pro Körpergewichtseinheit) gefolgt ist, d. i. eine secundäre Nahrungswirkung, hervorruft, wenn eine abundante Kost vorliegt, d. h. wenn mehr Nahrungsstoffe zugeführt werden, als der Körper eigentlich zur vollkommenen Erhaltung nothwendig hat.

Dieser Satz über die Eiweisszufuhr und Wärmesteigerung muss sich selbstverständlich auch umkehren lassen, indem Eiweissentziehung bei sonst abundanter Kost die täglich wachsende Wärmebildung zum Stillstand bringt.

Wir wollen hier gleich auf den Kern der Sache aufmerksam machen. Mehrung des Energieverbrauches findet sich nicht, wo die regulatorischen Vorgänge des Hungerzustandes in ihrer Wirkung noch vorhanden sind, bei mittlerer Temperatur.

Die Mehrung im Energieverbrauch trotz N-Ansatz bleibt auch bei hohen Temperaturen aus, wo es sich um eine partielle Inanition handelt, und die gefütterte Eiweissmenge oder die anderen Stoffe nicht hinreichen, den Bedarf zu decken und die Erreichung eines dauernden Nahrungsgleichgewichtes ausgeschlossen ist.

In allen anderen Fällen tritt die secundäre Mehrung ein. Im ersten Falle haben wir compensatorische Wirkung der wärmeregulatorischen Vorgänge, welche ohneweiters diese besondere Wirkung und das Ausbleiben einer Zersetzungssteigerung begreiflich machen.

Die zum Ansatz gelangte N-Masse ist Organmasse, für deren Mehrung zwar die Wärmebildung in die Höhe geht, aber nur proportional der Masse, wie beim Hunger in ähnlicher Weise ein Abfall der Zersetzung erfolgt.

Im zweiten Falle handelt es sich bei N-Ansatz, aber partieller Inanition um die analogen Verhältnisse. Die Masse der Organe nimmt (freilich nur innerhalb bestimmter Grenzen und unter Fettverlust) zu und von dieser Zunahme wird (innerhalb gewisser Grenzen) die Menge des Verbrauches bestimmt.

Wir haben aber schon erwähnt, dass nach solchen N-Ansätzen manchmal die absolute Grösse der Wärmebildung sogar gleich bleiben kann; dabei kann man mitunter nur recht unbedeutende Aenderungen im Körpergewicht auftreten sehen.

Immer entspricht dem Eiweissansatz unter solchen Verhältnissen ein Verlust an Fett, wodurch an sich die Gewichtsänderungen keine grossen sind, gelegentlich werden auch durch Wasseranspeicherung oder Abgabe, namentlich bei den hohen Lufttemperaturen Aenderungen, die mit dem Eiweissansatz einhergehen müssten, verdeckt.

Es ist aber auch zu erwägen, dass vielleicht überhaupt das, was wir N-Ansatz heissen, gar nicht in dem Sinne Ansatz ist, dass damit allemal Organ gebildet wird, weit mehr könnte sehr wohl ein Theil des N-Ansatzes überhaupt in der Zurückhaltung von Eiweiss in der Blutbahn und den Säften bestehen.

Nach den älteren und ausgedehnten Versuchen von *Voit* kann man ja ohne die Annahme einer solchen Ablagerung von Eiweiss im Säftestrom die Verhältnisse des Hungerstoffwechsels nach eiweisshaltiger Kost überhaupt nicht erklären.

Diese Mehrzersetzung an Eiweiss nach Eiweissentziehung wird man in allen Fällen in meinen Versuchen wieder finden. Ich habe nur darauf verzichtet, auf die Zersetzungsvorgänge der einzelnen Stoffe einzugehen, weil diese Fragen zu viel Raum eingenommen hätten.

Im Gegensatze dazu steht die secundäre Wirkung bei abundanter Kost, mag es sich um ausschliessliche Eiweissfütterung handeln oder um Mischungen von Eiweiss und wenig Fett.

Die Thatsachen können schon um deswillen, weil der N-Ansatz, also die Verbesserung des Ernährungszustandes, wie man im Allgemeinen diese Erscheinung nennt, einmal ohne alle Wirkung auf den Energieumsatz bleibt, das anderemal sie aber kräftig hervortreten lässt, nicht einfach als Verbesserungen des Ernährungszustandes erklärt werden, in dem Sinne einer specifischen Veränderung der sonstigen Eigenschaften lebender Substanz.

Aber auch noch andere Thatsachen, welche für die Theorie der Erscheinungen von grösster Wichtigkeit sind, lassen sich anführen.

Wir haben bis jetzt nur von dem N-Ansatze und der steigenden Wärmebildung gesprochen, ohne über das Wesen des Vorganges eine nähere Angabe zu machen. Es ist anzunehmen, dass die beiden Erscheinungen in einem inneren Zusammenhange stehen; andererseits begegnet aber die Erklärung einer Schwierigkeit, indem dieselbe Grösse des N-Ansatzes einmal ohne jede secundäre Wärmebildung verläuft, ein andermal eine kräftige Wirkung aufweist. N-Ansatz und Nahrungsüberschuss müssen gleichzeitig vorhanden sein.

Für die Vorstellung, welche man sich von dem Zustandekommen dieser secundären Wirkung machen muss, sind noch folgende Betrachtungen ausschlaggebend.

Die ganze Wirkung einer solchen Steigerung der Wärmebildung erlischt sozusagen plötzlich wieder mit dem nachfolgenden Hungerzustand des Thieres. Es liegt keine Nachwirkung vor, in dem Sinne, dass nach Unterbrechung der Nahrungszufuhr etwa das hungernde Thier nunmehr eine lebhaftere Zersetzung zeigen würde. Wohl wirkt der einmal gewonnene Ansatz, der das Gewicht des Thieres mehrte, nach, aber nicht anders als die sonstige Körpermasse vordem an Leistungen aufzuweisen hatte. Der Körper ist zwar aufgefüttert und schwerer geworden, wenn aber die Nahrung wegfällt, sinkt er im Verbrauch auf das sonstige Maass der im Hungerzustande verbrauchten Energie zurück.

Dieses Ergebniss glaube ich wenigstens aus der vorliegenden Reihe ziehen zu können, wir haben:

	Calorien pro 1 *kg*	Temperatur
Vor der Reihe	52·28	16·5
„ „ „	47·76	16·8
Nachher	57·75	18·4
„	51·71	19·2

Am ersten Hungertage nach der Fütterung war zwar die Wärmebildung höher als am zweiten Tage nach dieser. Aber ich trage Bedenken, die etwas höhere Zahl für ganz zuverlässig zu halten, weil in der längeren Fütterungsreihe C zum Ansatz kam und vermuthet werden kann, dass es sich hier um eine Anreicherung von Glykogen gehandelt hat, von welchem gleich am ersten Hungertage wieder der wesentlichste Theil zu Verlust gegangen sein wird, während unsere Rechnung den Kohlenstoffverbrauch nur auf Eiweiss- und Fettzersetzung bezog.

Ich habe schon früher auf diesen Umstand aufmerksam gemacht[1]) und bewiesen, dass unter solchen Verhältnissen die directe calorimetrische Messung kleinere Werthe gibt, und dass die Differenz

[1]) Zeitschr. f. Biol., Bd. XXX, S. 121.

zwischen indirecter Calorimetrie und directer 4·1% ausmachen könne, eine Differenz, die am zweiten Hungertage auf 2·3% herabgeht.

Diese Differenzen angenommen, wären die betreffenden Werthe:

55·53 Cal.
50·53 „

Was demnach für eine geringe Steigung der Hungerzersetzung am ersten Tage nach langer Fleischfütterung sprechen würde, während der zweite Hungertag mit 50·53 Cal. mit dem Mittel vor dem Versuche 50·0 Cal. völlig übereingeht.

Die Nachwirkungen, abgesehen von der durch Körpergewichtszuwachs verständlichen, reichen also nicht über den ersten Hungertag hinaus.

Mit der Hungerzeit erlischt die Wirkung der Nahrung auf den Körper. Der Organismus sinkt fast sofort auf sein früheres Nahrungsbedürfniss zurück.

Die Frage aber, ob solchen starken Fütterungen und der Steigerung der Wärmebildung, wie wir hier sehen, eine Nachwirkung zukommt, lässt sich selbstredend mit diesen wenigen Zahlen nicht entscheiden. Meine Versuche geben aber doch eine ganze Reihe von Anhaltspunkten, um das, was hier vermuthungsweise ausgesprochen wird, weiter zu bestätigen und zu stützen. In dem Capitel IV findet sich eine ganze Zahl von Experimenten, bei welchen die Zersetzungen im Hungerzustande vor einer abundanten Fütterung und nach einer solchen von ein- und zweitägiger Dauer ausgeführt worden sind.

Wenn man alle Versuche, die ich an Hungertagen, die unmittelbar einer abundanten Fütterung vorausgingen und unmittelbar folgten, ordnet, so finde ich folgendes Verhältniss: (Mittel von acht Reihen.)[1])

Die Wärmebildung an Tagen, die einer abundanten Eiweisszufuhr vorausging, verhält sich zu dem unmittelbar folgenden Hungertag wie 100 : 100·6, also + 0·6%. Von einer Nachwirkung ist demnach nicht das Geringste zu sehen.

Für die Fettkost sind nur zwei Serien verfügbar: Diese zeigen, dass die Wärmebildung an den Hungertagen vor dieser abundanten Kost und nach derselben sich verhält wie 100 : 98·7, demnach — 1·3%. Die Differenzen sind auch hier so klein, dass man sagen kann, sie fallen — bei Thierversuchen — in die Fehlergrenze.

---

[1])

Vor Fleisch	Nach Fleisch	Vor Fett	Nach Fett
445·5	476·7	955·4	956·5
978·3	946·8	947·1	922·1
969·2	947·1		
947·1	967·2		
919·5	907·6		
718·5	746·2		
741·8	746·2		
746·2	772·0		

Auch andere Versuchsergebnisse sprechen für eine solche vorübergehende Wirkung der Nahrung, was die Wärmesteigerung anbelangt, wie sie sich in der Zunahme pro 1 *kg* Thier ausdrückt. Im nächsten Capitel werden wir noch weiter darlegen, dass bei Thieren, welche in sehr verschiedenem Ernährungszustande beobachtet werden, pro 1 *kg* Lebendgewicht bei hungerndem Thier eine gleichheitliche Wärmebildung nachzuweisen ist.

Die Unterschiede im Lebendgewicht können sehr erhebliche sein, ohne dass Differenzen des relativen Umsatzes zu finden wären. Nun können aber solche Gewichtsänderungen wieder nur durch eine ungleich reichliche Kost entstanden sein; würde der Effect einer solchen nachwirkend sein, so müsste dies in den Ergebnissen der eben erwähnten Versuche zu sehen sein.

Auch diese Ergebnisse sprechen also dafür, dass im Hungerzustande die vorausgegangene überschüssige Ernährung keinen anderen Effect hinterlässt als eben eine Veränderung des Körpergewichtes, das in bekannter Weise seinen Einfluss auf den Umsatz äussert; aber wenn sich auch solche Nachwirkungen gelegentlich äussern sollten, so sind sie jedenfalls so gering, dass sie gegenüber den Schwierigkeiten in Thierversuchen überhaupt nicht in Betracht kommen.

Die primäre und die secundäre Nahrungswirkung bei abundanter Kost zeigen sich in ihrer vollen Grösse nur so lange diese abundante Kost zugeführt wird und erlischt mit der Reduction der Kost auf den Erhaltungsbestand, oder bei partieller wie totaler Inanition. Eine dauernde Zustandsänderung der Zelle wird nicht herbeigeführt.

Nur nach einer Richtung hin findet sich in gewissem Sinne eine Nachwirkung vor, nämlich im Hinblick auf die Geschwindigkeit und den Umfang, in welchem eine erneute überschüssige Eiweissfütterung nach vorhergehender überschüssiger Eiweisskost den Gleichgewichtszustand erreicht.

Da bei andauernder überschüssiger Eiweisskost der Organismus unter steigendem Eiweissansatz rasch ins Gleichgewicht kommt, so hat also anscheinend dieselbe Kost an den einzelnen Tagen eine verschiedene Wirkung.

Die Grösse dieser Steigerung von Tag zu Tag ist eine Wirkung des Ansatzes.

Unterbricht man eine solche Reihe, nachdem man den Körper „eiweissreich" gemacht hat, durch kurzdauernden Hunger und reicht erneut Eiweiss, so fällt unter Umständen der Ansatz so gut wie ganz weg und es tritt fast unmittelbar ein Gleichgewichtszustand ein.

Primäre und secundäre Wirkung sind demnach in ihrem gegenseitigen Verhältniss verschiebbar. Neben einer starken primären Wirkung kann eine kurze secundäre und neben einer geringen primären eine mächtige secundäre Wirkung vorhanden sein. Der verschiedenartige Ansatz gibt also ein Bindeglied, welches den Effect beeinflussen kann und welches die Menge der zersetzbaren Grösse mit-

beherrscht. Die secundäre oder die Ansatzwirkung ist etwas variables, von der Körperbeschaffenheit, d. h. dem Vermögen Eiweiss abzulagern, abhängig.

Diese Wirkung haben wir demnach wohl von der specifisch-dynamischen zu trennen, ihrer Erscheinung nach und ihrer praktischen Aeusserungen wegen, während der Wesenheit nach, wie wir später darlegen werden, eine solche Differenz nicht besteht.

Ich meine, dass sich mehrere Beobachtungen, welche ich gemacht habe, in dieser Weise erklären lassen.

Bei dem gleichen Hunde und denselben Temperaturen und demselben Nahrungsüberschusse (55%) ergab sich:

Die kleinste Wirkung mit 11% bei 23·5 *kg* Gewicht
„ mittlere „ „ 15% „ 24·2 *kg* „
„ grösste „ „ 22% „ 26·2 *kg* „

Die Geschwindigkeit der Einstellung mit dem Nahrungsmateriale scheint sonach auch mit dem Körperzustande in einem Zusammenhange zu stehen. Je eiweissreicher dieser ist, eine um so erheblichere Wirkung hat derselbe Ueberschuss.[1])

Und bei sehr grossem Ueberschuss fand ich:

Die kleinere Wirkung bei 20·3 *kg* Körpergewicht
„ grössere „ „ 24·2 *kg* „

Auch bei einem anderen kleinen Hund findet man ähnliche Beziehungen zwischen Grösse der Wirkung des Nahrungsüberschusses und Ernährungszustand. An dem 6 bis 7 *kg* schweren Hund (D) erhielt ich die geringste Wirkung als er stark herabgekommen war und nur 5·9 *kg* wog. Hatte der Hund auf 6·22 zugenommen, so war der Effect bedeutender.

Am 8. bis 9. Mai 1885 wog er 5·9 *kg* und gab bei 100% Nahrungsüberschuss (Eiweiss) nur 33% mehr an Wärme; 1882 hatte er bei 6·8 *kg* und geringem Ueberschuss viel Wärmebildung gegeben.

Leider sind langdauernde Experimente mit grösseren Ueberschüssen auch an Hunden unausführbar, da sie die Nahrung verweigern.

Diese eben geschilderte Erscheinung hat wenig Befremdendes, vielleicht ist sie im Grunde genommen nur die Bestätigung eines für den Eiweissumsatz schon von *Voit* nachgewiesenen Satzes. Bekanntlich hat *Voit* gefunden, dass man mit Eiweisszufuhr eine um so schnellere Einstellung des Gleichgewichtes erhält, wenn eine Eiweissfütterung vorausgegangen ist.

Zweifellos ist nun allemal der bessere Ernährungszustand in meinen Versuchen nicht durch eine einfache Fettmast erzielt worden, sondern meist durch reichliche Eiweissfütterung neben etwas Fett.

---

[1]) Für den ersten Tag der Fütterung berechnet.

Somit kann die „secundäre" Nahrungswirkung durch das schnellere Eiweissgleichgewicht, das erzielt worden ist, zum Erfolge beigetragen haben.

Durch den Eiweissansatz erlangt demnach unter Umständen der Körper die Fähigkeit, relativ mehr zu zersetzen als dem Gewichtszuwachs entspricht.

Wir haben damit noch einen Factor kennen gelernt, durch welchen ein wichtiger Einfluss auf den Umsatz und vor allem auf den Ansatz sich äussert.

Die überschüssige Eiweisskost führt im Allgemeinen ziemlich rasch zu einem Ernährungsgleichgewicht, aber zu keinem dauernden langwährenden Ansatz. Dieses Ergebniss entspricht der von *Pettenkofer* und *Voit* schon beschriebenen Erfahrung, dass Hunde mit den verschiedensten Fleischmengen ins Gleichgewicht gerathen können.

An diesem Zustandekommen des Nahrungsgleichgewichtes ist nach meinen Untersuchungen in erster Linie die specifisch-dynamische Wirkung der eiweisshaltigen Kost betheiligt, welcher durch Aenderung des N-Ansatzes, also durch eine Aenderung des Bedarfes und Erhöhung desselben in einer über die Körpermaasse hinausgehenden Grösse ein völliger Nahrungsausgleich folgt.

Bei dem Fette erfolgt offenbar ein solcher Ausgleich gleichfalls, aber in einer viel längeren Zeit, da der Fettanwuchs den Energieumsatz nur ganz langsam ändert und das Endgleichgewicht wird der Massenzunahme des Körpers entsprechen.

Die Gleichgewichtszustände entsprechen also schliesslich innerhalb der möglichen Grenzen den Mengen der Nahrungszufuhr überhaupt, mit dem Unterschiede aber, dass pro 1 *kg* Thier bei dem Eiweissgleichgewicht die umgesetzte Energie grösser ist als bei dem Fettgleichgewicht.

Vermuthlich ordnen sich diese Grössen wie die specifisch-dynamischen Wirkungen der Nahrungsstoffe sich untereinander verhalten.

Der Energieumsatz bei überreichlicher Kost wird also nach meinen Untersuchungen bestimmt:

1. Durch die specifisch-dynamische Wirkung.
2. Durch das Massenwachsthum des Körpers, wobei die Art des Gewichtszuwachses, ob Eiweiss oder Fett, manchmal in weiten Grenzen gleichgiltig sein kann.
3. Durch die secundäre Nahrungswirkung, welche ausgeprägt nur für das Eiweiss erwiesen werden kann.

Die secundäre Nahrungswirkung ist der Factor, welcher jeder grösseren Eiweissmast beim Erwachsenen ein baldiges Ende bereitet.

Im wachsenden Thier fehlt die secundäre Nahrungswirkung, weil sie durch die continuirlich verlaufenden Aenderungen der Zellenergie (Oberflächenentwicklung) compensirt wird, worauf wir in Folgendem näher eingehen wollen.

In dieser die Wärmebildung stark steigernden Wirkung des Eiweisses liegt auch der Regulationsmechanismus geborgen, der eine einseitige Uebermast an Eiweiss zur Unmöglichkeit macht. Die Eiweissmehrung des Körpers bewegt sich nur innerhalb enger Grenzen. Es ist denkbar, dass eine solche Einrichtung als Naturnothwendigkeit aufgefasst werden muss, weil die mit dem starken Eiweissansatz einhergehenden Veränderungen an anderen Organen, wie die Herzthätigkeit, die Blutcirculation, Athmung nicht gleichen Schritt halten können, indem diese Organe in ihren Leistungen an engere Grenzen in ihrer Thätigkeit gebunden sind.

XVI. Capitel.

Beziehungen zwischen Energieverbrauch, Eiweissansatz und Eiweissverlust.

Der Ansatz von Eiweiss führt unter ganz bestimmten Bedingungen, d. h. bei einer Zufuhr, welche, so weit wir es bisher übersehen können, jeden Verlust vom Körper aufhebt und überschüssig zugleich ist, zu einer das Maass des Ansatzes überschreitenden Wärmebildung.

Es wird nothwendig werden, die Grösse dieser bei dem Eiweiss gegebenen Veränderungen näher zu studiren und quantitativ festzustellen. Nur in den Fällen eines neben der überschüssigen Kost gleichzeitig verlaufenden N-Ansatzes haben wir neben der Nahrungswirkung noch diese Steigerung der Wärmebildung finden können. Welche Wirkungen im Uebrigen dem Ansatz und der Abgabe an N vom Körper parallel gehen, ist bis jetzt einer näheren Untersuchung nicht unterzogen worden.

Bei den Ernährungsversuchen sind die Fälle, in welchen sich Aenderungen in dem Eiweissreichthum des Körpers ergeben, sehr häufig, sie haben auch bereits in den Versuchen über die specifisch-dynamische Wirkung ihre Rolle gespielt. Ehe wir wieder auf die Befriedigung des Nahrungsbedürfnisses an organischen Stoffen zurückkommen, müssen wir dieser Frage der Variation des N-Bestandes unser Interesse zuwenden.

Ich werde zunächst untersuchen, in welcher Beziehung N-Ansatz und Wärmebildung unter verschiedenen Umständen stehen. Veränderungen im N-Bestande kommen auch im täglichen Leben sehr häufig vor; der Effect wird von manchen begleitenden Umständen des Stoff- und Kraftwechsels als abhängig sich erweisen. Die wichtigsten Veränderungen des N-Ansatzes können beim Wachsthumsansatz und bei der Auffütterung oder der Inanition beobachtet werden.

a) Wachsthumsgesetz.

Nachdem ich zuerst für den Hund bewiesen hatte, dass im Hungerzustande bei mittlerer Temperatur die Wärmeproduction sich verhält wie die Oberflächen der Thiere, hat man von diesem Gesetze

und wie ich meine, mit Vortheil vielfache Anwendung gemacht zunächst für den Menschen; für Thiere hat sich dasselbe, wenn die von mir erwähnten Voraussetzungen eintreffen, bestätigen lassen, und man kann gewiss noch manche vergleichend-physiologisch wichtige Thatsachen mittelst desselben erfahren.

Die vermeintlichen Einwände, welche *Sonden* und *Tigerstedt* gemacht haben, habe ich an anderer Stelle zurückgewiesen[1]) und gezeigt, welche Momente bei einer derartigen Betrachtung von Versuchen platzzugreifen haben. So weit die zahlreichen Untersuchungen, welche sich auf dieses Gebiet beziehen, reichen, haben sie alle das gleiche Resultat gegeben. Der Kraftwechsel von jung und alt findet in den Oberflächenänderungen seine Erklärung.

Der wachsende und grösser werdende Organismus macht aber nicht allein in seinem energetischen Haushalte, sondern auch in seinen Stoffzersetzungen gesetzmässige Aenderungen durch, auf welche ich zuerst hingewiesen habe. Bei gleichem Körperbestande betheiligt sich Eiweiss und Fett in ganz bestimmten Verhältnissen an der Verbrennung und der Wärmelieferung.[2]) Es wird die Betheiligung des Eiweissverbrauches an der Gesammtzersetzung von der Grösse oder Kleinheit des Thieres nicht beeinflusst. Dagegen hatte ich nachgewiesen, dass der Körperzustand, d. h. der Fettreichthum der Thiere auf diesen Antheil des Eiweisses an der Verbrennung einen ausschlaggebenden Einfluss übt, allerdings nicht in dem Sinne, dass jede kleinste Aenderung im Fettbestande auch in verändertem Eiweissumsatz ihren Ausdruck fände. Denn nicht das Fett im Gewebe schützt, sondern das im Blute circulirende. Dieses aber scheint offenbar sich langsamer zu ändern als die grossen Vorräthe im Gewebe selbst.

Die Richtigkeit dieser Anschauungen ist in neuester Zeit durch interessante experimentelle und kritische Beiträge von *Erwin Voit* vollauf bestätigt und die Beziehung zwischen Fettbestand und Eiweissumsatz durch weitere Belege gestützt worden. Wir haben es bei diesen Beziehungen, man kann fast sagen, mit biologischen Constanten zu thun, in einem so engen Connexe, dass aus der Art und Grösse der Betheiligung des Eiweisses am Gesammtenergieumsatz geradezu auf den Fettbestand ein Rückschluss gezogen werden kann.

Ebenso hat die energetische Auffassung des Wachsthumsgesetzes die Möglichkeit geboten, theoretisch die Grösse des Eiweissumsatzes abzuleiten, da bei mittlerem Ernährungszustande die Grösse der Betheiligung des Eiweisses an der Zersetzung eben bekannt ist.[3]) Man hat von diesem Verfahren in einer Reihe von Fällen Gebrauch gemacht. Die früher geübte rein stoffliche Betrachtung dieser Fragen hatte zu einer Erklärung der ungleichen Zersetzungsverhältnisse grosser und kleiner Thiere nicht kommen können.

---

[1]) *Rubner*, Ueber die Ernährung im Knabenalter, Berlin 1902.
[2]) Biol. XIX, S. 557.
[3]) Biol. XLI, S. 502.

Der Umstand, dass im Hungerzustande ein nicht unbeträchtlicher Theil der Wärmebildung aus Eiweiss fliesst, wird vielfach als etwas Auffallendes angesehen. Doch klärt sich dies recht wohl auf, wenn man bedenkt, dass Eiweiss und Fett im Hungernden sich in die Ernährungsaufgabe theilen müssen; was der eine Nahrungsstoff nicht leisten kann, muss compensatorisch der andere bieten. Man findet, wenn man viel an hungernden Thieren experimentirt, alle Grade der Betheiligung des Eiweisses am Gesammtstoffwechsel, die fast alleinige Eiweisszersetzung, wenn das Fett am Körper fast geschwunden ist, bei starker Abmagerung 50%, 30% des ganzen Energieumsatzes aus Eiweiss, bis herunter zu 8 bis 10% bei gut genährten Thieren.

Auch davon ist ein Theil nicht für die Ernährung gerade als Eiweissumsatz nöthig, die reichliche Kohlehydratzufuhr drückt den Energieverbrauch noch weiter herab auf 4% der Gesammtzersetzung.

Dieser Ersatz hat aber seine Grenze, weil offenbar die Secretion der Verdauungssäfte, die Abschilferung von Epidermis, ferner von Epithel im Darm, die Mucinausscheidung, die Kothbildung und ähnliche Vorgänge in den Organen der Blutbildung u. s. w. mit einem stofflichen Verlust einhergehen.

Dieser letztere hängt auch mit der Lebensintensität selbst zusammen, denn dieser Antheil ist in kleinen Thieren wieder in einer bestimmten Relation zum Gesammtverbrauch. Er entspricht nicht einfach der jeweiligen Masse des Thieres.

Man darf aber diese gesetzmässigen Beziehungen zwischen Oberfläche und Zersetzung nicht missverständlich so auffassen, als wenn wir in der That angeben könnten, wie viel Wärme durch jeden Quadratcentimeter Oberfläche hindurchgeht. Davon kann gar keine Rede sein. Sind doch alle meine Experimente an liegenden Thieren angestellt, wo manche Flächen überhaupt gar nicht an der Wärmeabgabe sich betheiligen können. Halten die Thiere die gleichartigen Stellungen bei, wie dies bei mittleren Temperaturen sichtbar vor Augen tritt, so lässt sich selbstverständlich auch die gesetzmässige Beziehung zwischen Oberfläche und Energieumsatz nachweisen; wenn auch die Grösse der Wärme abgebenden Fläche in absolutem Maasse gar nicht bestimmt ist.

Dieser Umstand ist wohl im Auge zu behalten, wenn man Vergleichungen bei Thieren ausführen will, die aus inneren Gründen oder wegen äusserer Verhältnisse von den sonst typischen Lebensverhältnissen abweichen, oder namentlich auch beim Vergleich verschiedener Species untereinander, welche schon aus solchen Gründen der Körperstellung differente Werthe geben können. Ich habe schon S. 184 Versuche mitgetheilt, aus denen die Wirkung einer Zwangsstellung beim Hunde auf die Wärmeabgabe unzweifelhaft hervorgeht. Thatsächlich benützen manche Thiere bestimmte Stellungen, z. B. das Ausstrecken der Beine, die seitliche Lage u. s. w., um einer Hyperthermie vorzubeugen.

Ebenso muss der Umstand gewahrt bleiben, dass es sich um gleichartige Ernährungszustände handelt. So lange man rechnerisch den

Einfluss ungleichen Fettreichthums nicht abgleichen kann, muss man versuchen, wie ich mich bemühte, Thiere mit gleichartigem Fettpolster[1]) zu vergleichen, und das Gleiche gilt auch für die Haarbedeckung, von der man weiss, dass sie Einfluss übt. Nicht minder müssen die Temperaturen der Luft in den einzelnen Experimenten möglichst nahe liegen.

Gehen wir also auf die Thatsache zurück, dass sich bei ruhenden, gleichmässig genährten Thieren, die unter denselben äusseren Umständen untersucht wurden, allemal der Einfluss der Oberflächenentwickelung darthun lässt, so lassen sich aus diesen Darlegungen gewisse Schlüsse auf die Wirksamkeit des N-Ansatzes beim Wachsenden auf den Energieumsatz ziehen.

Wenn wir uns den gesetzmässigen Entwickelungsgang dreier verschieden grosser Hunde betrachten, z. B. eines solchen von 3·7, 7·4, 25 *kg*, so verhalten sich deren Oberflächen, wenn sie durch Wachsthum ihr Gewicht verdoppeln, wie

$$2680 : 4260\ cm^2 = 100 : 159$$
$$3940 : 6255\ cm^2 = 100 : 159$$
$$9754 : 15490\ cm^2 = 100 : 159$$

Die relativen Zuwüchse ihrer Oberflächen sind dieselben, der Energieverbrauch nimmt von 100 auf 159 zu.

Die mittlere chemische Zusammensetzung des Körpers hat sich dabei nicht geändert. Bei der angenommenen Verdoppelung des Gewichtes ist auch die im Körper vorhandene N-Menge verdoppelt worden, also um 100% in jedem Falle mehr geworden.

Für 100% N-Mehrung hat man demnach 59% Wärmezuwachs, oder für 1% + 0·59% Aenderung der Wärmeerzeugung.

Berechnet man die Zahlen in umgekehrter Reihenfolge, so würden von 100 N ausgehend, derselbe fallen auf 50 und die Oberflächen nehmen ab von 100 auf 62·9, also um 37·1%.

50% N-Minderung machen 37·1% Minderung der Wärmeproduction oder für 1% weniger N : 0·74% weniger Wärme.

Diese Aenderungen stellen das Grundgesetz der durch das Wachsthum veränderlichen Masse dar, wobei die Veränderungen des N-Gehaltes des Thieres als Maassstab genommen werden.

Diese Aenderungen entstehen im normalen Ausbau des Körpers, wenn alle Organe in richtiger, dem relativen Maasse entsprechend, zur Entwickelung gelangen, also die Aenderungen, welche der normalen Entwickelung der Organe zukommen.

Man könnte für eine solche Vergleichung auch die Zahlen des N-Bestandes direct mit den Veränderungen des Energieumsatzes vergleichen, dann hätte man:

Aenderung des Energieumsatzes . . . 100 : 159
„ „ N-Bestandes . . . . . 100 : 200

für den Anwuchs.

---

[1]) Bezüglich der Wärmeabgabe unter Umständen von Bedeutung.

Auf die Gesammtmasse des N bezogen, würde sonach der Energieumsatz von 100 auf 78 gesunken sein. Doch ist die andere Form der Darstellung brauchbarer für die weiteren Vergleiche.[1])

Dieses Wachsthumsgesetz wird, je nach der Eigenart eines Thieres, verschiedene Werthe in absoluter Zahl annehmen, die relativen Werthe bleiben aber die gleichen. Denkt man sich, daß ein Schwein oder ein Kaninchen von 3·7 *kg* Gewicht seine Masse verdoppelt, so wäre die Constante zur Berechnung der Oberfläche bei ersteren nach meinen Bestimmungen = 8·8, bei letzteren 12·9, das sind die grössten bei den Warmblütern bisher beobachteten Extreme. Dann verhält sich bei Verdoppelung des Körpergewichtes die Oberfläche

beim Typus des Schweines = 2105 cm^2 : 3342 = 100 : 158·7
„ „ „ Kaninchens = 3086 cm^2 : 4899 = 100 : 158·7

und für 100% Zunahme des N = + 59% der Wärmebildung, pro 1% N = + 0·59 wie oben.

Man scheint völlig vergessen zu haben, wie unsicher man früher in der Beurtheilung des Stoffumsatzes verschieden grosser Thiere gewesen ist. Handelte es sich um die Durchführung eines Stoffwechselversuches für ein Thier, das in seiner Grösse keinem anderen bisher untersuchten glich, so hatte man gar kein Fundament, nach welchem man rationell den Bedarf an Stoffen hätte ableiten können und man war auf empirisches Hin- und Herprobiren angewiesen, während man heutzutage nicht nur die absolute Menge des Kraftwechsels, sondern auch die Betheiligung der einzelnen Stoffe an demselben mit guter Annäherung zu berechnen in der Lage ist und noch genauer zu bestimmen sein wird, wenn wir den Einfluss einiger bis jetzt nicht näher studirter accessorischer Einflüsse wird festgestellt haben.

Wenn man also geneigt sein möchte, die Wachsthumsgesetze in eine nähere Parallele zum Ansatz, wie es bei überschüssiger Kost erfolgt, zu setzen, so zeigt schon der bisher mögliche Vergleich, dass beide sozusagen im Gegensatze stehen, denn diesem Wachsthumsgesetze entspricht eben, wie man aus dem Besprochenen ohneweiters sieht, eine mit der Masse des Zuwachses immer weiter absinkende Lebhaftigkeit des Energieumsatzes.

b) Hungerzustand und Erhaltungsdiät.

Im Gegensatze zum Wachsthum wollen wir nun die Beziehungen der Variation des N-Ansatzes und der Abgabe im Zusammenhange mit den Inanitionszuständen und jenen der Auffütterung bei einem und demselben Individuum betrachten.

---

[1]) Es bedarf kaum noch einer besonderen Erwähnung, dass die Menge des am Körper abgelagerten N kein allgemeines für eine Species brauchbares Maass der Zersetzung sein kann; es variirt, der gleichen N-Mengen entsprechende Energiewerth in erheblichem Grade.

Man kann geneigt sein, in den Schwankungen des Körpergewichtes eines Thieres und den ihnen entsprechenden Verhältnissen des Energieumsatzes nur einen Specialfall von dem Gesetze des Wachsthums zu sehen. Aber die Massenschwankungen eines ausgewachsenen Thieres sind ihrer Natur nach schon ganz grundverschieden vom Wachsthum. Bei letzterem gleichmässige Ausbildung aller Organe nach den durch den Typus der Species gegebenen Verhältnissen, hier ein einseitiger Verfall gewisser Organe, wie des Fettgewebes, ein Zerfall einzelner Organe zu einem mit den wahren Lebensfunctionen in schroffstem Gegensatze stehenden Organgerippe; eine Abstufung in dem Einschmelzen der Gewebe nach gewissen, der Dignität der Organe entsprechenden Gesetze.

Ich habe mich bei meinen bisherigen Untersuchungen nie eingehender darüber geäussert, ob auch bei hungernden Thieren im Laufe dieser Periode der Nahrungsentziehung etwa sich Aenderungen nachweisen lassen, welche dem Gesetze der Oberflächenentwickelung sich unterordnen oder widersprechen. Wachsthum und Organverfall scheinen an sich nicht gerade ebenbürtige Dinge. Aber es gibt auch noch andere Gründe, welche nicht mit Nothwendigkeit eine Klärung dieser Frage bis jetzt erforderlich machten. So wichtig es ist, die Gesetze der Oberflächenwirkung als die leitenden Grundgesetze für den Energieverbrauch verschieden grosser Thiere an der Hand zu haben, glaubte ich mit Fug und Recht auf die Anwendung derselben verzichten zu können, wo es sich um Gewichtsänderungen und Variationen des Ernährungszustandes eines Thieres selbst handelte.

Bei geringen Variationen des Körpergewichtes ist es ganz ohne Belang, ob man die Oberfläche oder die Gewichtseinheit als Maass benützt. Aber auf die Wichtigkeit, einen solchen Gewichtsausgleich durch Rechnung der Werthe pro 1 *kg* Lebendgewicht herbeizuführen, habe ich immer hingewiesen. Es zeigten sich dabei, namentlich im Hungerzustande, sehr einheitliche, gleichbleibende Werthe des Stoffumsatzes und des Energieverbrauches.

So lassen sich eine ganze Reihe von Ungleichheiten bei Stoffwechselversuchen eliminiren; dass übrigens die Kilogrammeinheit keine biologische Einheit sei, habe ich dabei wohl im Auge behalten.

Ich habe zuerst auch noch einen anderen Weg für solche Vergleiche des Stoffumsatzes angegeben, nämlich die Berechnung der Stoffwechselergebnisse auf den N-Gehalt des Thieres, indem ich für die Fälle, in welchen sich Fettreichthum und Wassermenge des Körpers rasch und ungleich ändert, in diesem Maasse einen besseren Vergleich für die Umsetzungen erblickte als in dem variablen Körpergewichte, dessen Componenten einem raschen Wechsel unterworfen sein können.

Solchen Fällen begegnet man mehrfach. Zu Beginn einer Hungerreihe besteht das Thier aus Eiweiss und viel Fett, zu Ende fast nur aus fettfreier Substanz und dabei nimmt das Gewicht rapid von Tag

zu Tag ab. Bei hoher Luftwärme verändern die enormen Wasserverluste bisweilen das Körpergewicht so stark, dass man nach einem anderen Vergleichsmaass als das Körpergewicht zu greifen genöthigt ist.

Ein grosser Mangel klebt aber schliesslich auch dieser Methode an. Man kann geltend machen, dass z. B. 100 Theile N am Körper keine unabänderliche Einheit bilden, indem Lebendes und Gerüstsubstanz in variabler Menge gemischt sein können; immerhin sind hieraus entstehende Fehler, wie man annimmt, nicht erheblich, aber doch immerhin nicht so gering, wie sie von anderer Seite geschätzt werden. Die grosse Gleichmässigkeit des Energieumsatzes, welchen man bei demselben Thiere dabei finden kann, wie ich zeigte, ist freilich an sich noch kein Beweis, dass dieses N-Maass ein biologisches Maass von unwandelbarer Grösse für den Energieumsatz sei.

Wenn man nur an der Hand der Oberflächenentwickelung die Verhältnisse zu betrachten hätte, so müsste beim hungernden Thier mit sinkendem Körpergewicht pro 1 *kg* mehr an Wärme erzeugt werden, was den thatsächlichen Verhältnissen, zu deren Aufklärung ich zuerst beigetragen habe, nicht entspricht, beziehungsweise zu entsprechen scheint, denn wie erwähnt, wird entweder bei sinkendem Körpergewicht der Kraftwechsel nur proportional der Masse oder wie ich bei dem Kaninchen sah, sogar etwas rascher sinken. Ob das eine oder das andere dieser Verhältnisse in die Erscheinung tritt, hängt möglicherweise mit dem Grade des Absinkens des Körpergewichtes und mit der Körperbeschaffenheit zusammen.

Im Allgemeinen hat man es aber, von dem experimentellen Verhungerungstode abgesehen, mit relativ geringen Schwankungen des Lebendgewichtes bei normal gehaltenen Thieren zu thun. Und ich habe daher es für zweckmässig gehalten, trotz der Bedenken, das Körpergewicht als Maass zu benützen, wobei mir nicht entging, dass man darin vielleicht einen gewissen Widerspruch gegenüber dem Oberflächengesetz finden könnte, der aber sachlich wirklich nicht von Bedeutung war.

Für unsere weiteren Untersuchungen wollen wir aber die Frage, inwieweit der N-Gehalt des Thieres in seiner Veränderung zurückwirkt, auf den Energieumsatz näher prüfen. Es ist dies nach zwei Richtungen möglich, einmal hinsichtlich der Veränderungen, welche im Energieumsatz im fortgesetzten Hunger auftreten, und dann bezüglich der Veränderungen, welche sich bei verschiedenem Ernährungszustande ergeben.

Der längere unausgesetzte Hungerzustand ist ein so brutaler Eingriff, der so plötzlich die mächtigsten Umwandlungen erzeugt, dass bei diesem Zusammenbruch des Körpers möglicherweise andere Verhältnisse vorliegen, als wenn ein Thier in langer Zeitperiode, allmählich, schrittweise seine Körperzusammensetzung ändert und Zeit zum Ausgleich in den Functionen bietet.

Die Verhältnisse des Energieumsatzes im Hunger zeigen, wofür ich die zahlreichsten Beispiele angeführt habe, gewisse Beziehungen zur Körpermasse.

Ich habe zuerst beim hungernden Pflanzenfresser, am Kaninchen, methodisch die Veränderungen, welche im Stoffverbrauch bis zum Hungertode eintreten, studirt und dabei nachweisen zu können geglaubt, dass im Laufe der Hungerzeit der Umsatz fällt, wie die Menge des in den Organen abgelagerten N sich ändert. Diese Untersuchungen fielen aber in eine Zeit, als die Energiewerthe der Körperstoffe noch nicht genauer bekannt waren, so dass sie einer näheren energetischen Betrachtung noch nicht unterzogen waren. Ich habe später mehrfach auf die Bedeutung der Experimente verwiesen und will hier nachträglich das Material im Sinne der energetischen Betrachtung anführen, indem ich den Untersuchungen weiteres Material und einige Notizen beifüge, welche bei der früheren Publication[1]) als nebensächlich betrachtet wurden und unerwähnt blieben.

Den Hungerstoff- und Kraftwechsel erklären uns folgende vier bis zum Tode der Thiere durchgeführten Reihen, von denen drei auf Kaninchen, eine sich auf das Meerschweinchen bezieht.

Ein Kaninchen, das monatelang bereits im Stalle bei Heu- und Milchnahrung gehalten wurde, erhielt am Vormittag die letzte Nahrung. Als erster Hungertag wurde der diesem Tag folgende gerechnet.

Die Gewichte (Anfang des Tages) waren:

1. Tag	. . . . .	2091
2. „	. . . . .	1965
3. „	. . . . .	1931
4. „	. . . . .	1934
5. „	. . . . .	1749
6. „	. . . . .	1597
7. „	. . . . .	1437
todt	. . . . .	1429

Am achten Tage wurde es während 12 Stunden noch lebend gesehen. Der gesammte Darminhalt enthielt keine Reste früherer Nahrung. Im Magen war 2·9 *g* Trockensubstanz, im Dünndarm 2·1 *g*, im Blinddarm 20·0 und im Dickdarm 3·9 *g*. Der Inhalt des letzteren war geballt, die übrige Masse breiig.

Der Gewichtsverlust war: 31·6%, ziemlich erheblich für die kurze Hungerzeit.

Die calorimetrischen Werthe enthält die nachfolgende Tabelle:[2])

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. XVII, S. 225.

[2]) Für 1 N im Harn wurde 0·796 C, für 1 N im Eiweiss 3·1 C berechnet. Der Koth ist unberücksichtigt geblieben, was für die Tage mit Fettzersetzung nebensächlich, für die Tage mit hohem Eiweisszerfall aber nicht ganz zutreffend ist. Die Gesammt-C-Ausscheidung wäre also um einiges an diesen Tagen höher zu nehmen. Der Fehler dürfte aber 0·1 *g* C kaum überschreiten.

Tabelle 101.

Hungertag	Mittleres Gewicht	Calorien aus Eiweiss	Calorien aus Fett	Summe	Pro 1 *kg* Cal.
1.	2028	5·5	124·2	129·7	63·8
3.	1930	16·5	103·2	119·8	62·0
4.	1841	16·5	98·4	114·9	62·4
7.	1517	32·0	62·4	94·4	62·2 [1])

Die Grösse des Energieumsatzes hat bei diesem Thier bis zu Ende des Lebens gar keine Einbusse erlitten, indem die pro 1 *kg* berechneten Werthe ganz die gleichen geblieben sind. Das Thier ist bis zum sechsten Tage genau beobachtet, es war dies also der vorletzte Lebenstag und geben die Zahlen ein vollständiges Bild der Umsetzungen für die maximalsten mit dem Leben verträglichen Schwankungen des Ernährungszustandes.

Kaninchen II starb am neunten Hungertage. Die Gewichte betrugen: [2])

1. Tag 2985
2. „ 2698
3. „ 2675
4. „ 2643
5. „ 2471
6. „ 2346
7. „ 2135
8. „ 2161
9. „ 2029

Es hat also 32% an Gewicht eingebüsst.
Die Wärmebildung ist aus folgender Tabelle ersichtlich.

Tabelle 102.

Kaninchen II.

Hungertag	Mittleres Gewicht	Calorien aus Eiweiss	Calorien aus Fett	Summe	Pro 1 *kg* Cal.
2.	2687	42·7	99·1	941·8	52·8
6.	2240	88·5	40·7	129·2	57·7
8.	2095	76·7	33·2	109·9	52·5

[1]) = 72 0 Cal. auf kothfreies Thier berechnet. Demnach mehr 16·1%.
[2]) Dieser Versuch entspricht dem seinerzeit publicirten, l. c. S. 219.

Auch hier reicht die letzte Beobachtung bis an den Todestag heran. Der zweite und achte Tag stimmt, was den Umsatz pro 1 *kg* anlangt, vollkommen überein, eine geringe Erhöhung findet sich am sechsten Tag. Das Gesammtergebniss berechtigt zur Annahme, dass die Zersetzungsgrösse fällt wie das Körpergewicht.

Am umfangreichsten konnte Thier III beobachtet werden, da es den Hunger 19 Tage ertrug; es war ein kräftiges, aussergewöhnlich gut genährtes Thier. Den Energieumsatz weist die nachfolgende Tabelle näher auf.[1])

Tabelle 103.

Hungertag	Mittleres Gewicht	Calorien aus Eiweiss	Calorien aus Fett	Summe	Pro 1 *kg*	Temperatur	Körper-temperatur
3.	2173	15·5	142·7	158·2	? (72·8)	15·0	39·9
5.	2091	18·0	100·9	109·0	52·1	17·5	39·9
7.	2102	26·2	77·5	103·7	51 8	16·5	39·9
9.	1907	21·0	77·9	98·9	51·9	16·3	39·9
10.	1864	21·0	74·2	95·2	51·0	18·0	39·8
12.	1764	29·5	67·8	97·3	55·2	15·0	39·1
13.	1731	27·7	60·5	88·2	50·9	16·5	39·2
14.	1716	27·7	60·5	88·2	51·4	17·9	38·8
15.	1697	26·5	55·3	81·8	48·2	19·0	38·3
16.	1651	59·5	22·1	81·6	49·4	19·7	38·8
17.	1549	75·5	5·5	81·0	53·6	20·4	38·8
18.	1440	67·5	9·1	76·6	53·0[2])	17·6	37·5

Auch hier reichen die Beobachtungen bis an den Todestag heran. Nur der erste Versuch musste wegen einer Störung des Motors schon nach zehn Stunden abgebrochen werden, die übrigen beziehen sich auf den vollen Tag. In der ersten Zeit wurde neben Eiweiss reichlich Fett, in den letzten drei Tagen ganz überwiegend Eiweiss zersetzt. Die „Kilogrammwerthe" zeigen vom 5. bis 18. Tag manchmal kleine Schwankungen und vielleicht zwischen 5. bis 16. Tag ein gewisses Absinken, das 5 bis 6% ausmacht, dann wieder ein Steigen, so dass die Endwerthe wieder genau so hoch werden wie die des fünften Tages.

Der kurzdauernde Versuch vom dritten Tag fügt sich den übrigen Zahlen nicht ein; offenbar ist hier der Werth aus nachträglich nicht feststellbaren Gründen zu hoch ausgefallen, denn es widerspricht aller Erfahrung, vom 3. bis zum 5. Hungertag ein Abfallen des Energieumsatzes von solcher Höhe, wie es aus den Zahlen ableitbar wäre, anzunehmen, wenn dann vom 5. bis 18. Tag überhaupt keine Aenderung mehr eintritt.

---

[1]) L. c. Kaninchen III.

[2]) = 63·5 Cal. Darm wenig mehr + 20·0%.

Noch etwas regelmässiger werden die Zahlen, wenn man den Energieumsatz auf die Menge des am Körper abgelagerten N bezieht, wie die nachfolgende Tabelle lehrt.

Tabelle 104.

Tag	N-Bestand	Calorien	Pro 100 N	Mittel pro drei Tage	Lufttemperatur	Körper-temperatur im Mittel
3.	48·8	158·2	? (324)	228	17·0	39·9
5.	47·5	109·0	229			
7.	45·5	103·7	228	229	16·4	39·8
9.	42·7	98·9	231			
10.	41·9	95·2	227	237	16·5	39·4
12.	40·2	97·3	247			
13.	38·7	88·2	228			
14.	38·0	88·2	232	226	17·8	39·1
15.	37·4	81·8	219			
16.	36·4	81·6	221			
17.	34·0	81·0	238	235	19·2	38·3
18.	31·1	76·6	246			

Berechnet man die Aenderung des N-Gehaltes des Thieres und die Aenderung der Wärmebildung, indem man für den letzten Tag (18) den Werth nach dem Mittel der drei letzten Tage berechnet (= 73·0 Cal.), so entspricht einem Fallen des N-Bestandes um 34·5% ein Sinken des Energieverbrauches um 33·1%.

Ob dies eine erhebliche Abweichung von der Wirkung des Oberflächengesetzes genannt werden musste, geht nicht ohneweiters aus den Zahlen hervor.

Berechnet man die Oberflächenwerthe, so findet sich (Constante 11·0 für gut genährte Thiere)

zu Beginn der Reihe . . . 606 Cal. pro 1 m^2 für 17·5°
zu Ende . . . . . 520 „ „ 1 m^2 „ 17·6°

was einem Verhältniss von 100 : 85·8 = weniger 14·2% zu Ende der Reihe entspricht. Es ergibt sich also wenigstens in dieser Betrachtungsreihe ein solcher Unterschied und im Allgemeinen trifft die Rechnung, dass der Energieumsatz mit dem Körpergewicht fällt, genauer das Richtige.

Indes ist die Deutung des Versuchsergebnisses doch nicht so einfach wie man annimmt. Denn während eines so rapid zum Tode führenden Hungerversuches ändern sich noch andere Bedingungen.

Ich muss hier zunächst auf den Umstand hinweisen, der bisher nicht beobachtet wurde, wenigstens nicht mit Bezug auf seine Wirkungen auf den Energieumsatz, auf das Verhalten der Körpertemperatur.

Richet gibt die Normaltemperaturen für Kaninchen zu 39·55° an; doch kommen jahreszeitliche Schwankungen vor. Ich finde bei kräftigen,

wohlgenährten Kaninchen (Männchen wie Weibchen) im Mittel 39·82° mit geringen tageszeitlichen Schwankungen.

Aber die Temperatur der Kaninchen variirt im Hungerzustande sehr erheblich.

Beim hungernden Kaninchen hält sich manchmal die Temperatur viele Tage constant, sinkt aber dann allmählich ab. Dieses Absinken bei hungernden Thieren in den letzten Lebenstagen ist auch von anderer Seite schon lange beobachtet worden. Ich selbst habe es bei einem Thier[1]) näher verfolgt, aber die Zahlen bisher nicht mitgetheilt. Es konnten täglich nur zwei Messungen zu denselben Zeiten ausgeführt werden. Ich will Anfangsgewicht und Temperatur nebeneinander stellen.

1. Tag	0	39·90	11. Tag	1831	39·55
2. „	2341	39·90	12. „	1798	39·10
3. „	2186	39·90	13. „	1730	39·20
4. „	2160	39·90	14. „	1732	38·85
5. „	2115	39·90	15. „	1700	38·30
6. „	2068	39·90	16. „	1695	38·82
7. „	2021	39·90	17. „	1607	38·82
8. „	1983	39·90	18. „	1492	37·55
9. „	1917	39·90	19. „	1388	36·90
10. „	1898	39·85			

Vom 11. Hungertag ab wird das Sinken der Temperatur bereits recht merklich (— 0·35°), am 12. Hungertage hatte das Thier etwa 26% des Körpergewichtes eingebüsst. Am 15. Tage stand die Körpertemperatur bereits um 1·6° niedriger als zu Anfang, hob sich an den Tagen mit reichlicher Eiweisszersetzung um Einiges, am 18. Tage aber, trotz derselben Bedingung, trat ein weiterer Abfall um 2·4° ein, und zu Beginn des Todestages stand die Temperatur volle 3° niedriger als normal.

Bei herabgekommenen Thieren sind Temperaturen von 38·5, 38·8, noch ehe sie in den Hungerzustand eintreten, nicht selten. Auch eine reichliche Fütterung scheint wenigstens unmittelbar wenig zu ändern. So fand ich bei Hunger und bei Fettfütterung:

3. Hungertag . . . . 38·8°
4. „ . . . . 38·8°
Fettfütterung . . . . 38·8°, steigt dann auf 39·0°.

Vergleicht man den Energieverbrauch mit dem Gang der Körpertemperatur für die dreitägigen Mittel, so hat man:

	Umsatz	Lufttemperatur	Körpertemperatur
	228	17·0	39·9
	229	16·4	39·8
10. bis 12. Tag	237	16·5	39·4
	226	17·8	39·1
	235	19·2	38·3

[1]) In meiner früheren Publication Nr. III genannt.

Die Regulirung der Wärme wird demnach immer ungenügender und es unterliegt doch keinem Zweifel, dass ein Absinken von 39·9 auf 38·8° unbedingt und nach allen unseren anderweitigen Erfahrungen unmöglich ohne Rückwirkung auf den Energieumsatz bleiben könnte. Man muss also schliessen, dass schon vom 10. bis 12. Tag ab dieser Factor in dem vorliegenden Falle den Energieumsatz herabgedrückt hat. Um welche Grösse, das lässt sich nicht entscheiden, weil ja nur zweimal täglich die Temperatur gemessen werden konnte und möglicherweise der mittlere Temperaturabfall nicht ganz der berechneten mittleren Körpertemperatur entsprach.

Die geringe Leistungsfähigkeit des Organismus könnte vielleicht durch ein Abnehmen der Leistung des Herzens und der Circulation oder ähnlicher Gründe gesucht werden.

Anmerkung. Nach Abschluss dieser Arbeit haben *Frank* und *Fr. Voit* eine Untersuchung am curarisirten Thier (Hund) veröffentlicht, in der sie mit möglichster Sorgfalt Umsatz und Temperaturschwankungen verglichen haben. Sie geben an, dass bei Zunahme der Temperatur — d. h. aufsteigend gerechnet — für 1° die Kohlensäureausscheidung um 7% zunimmt. (Biol. XLII, S. 351.)

Nach dieser Angabe könnte man die Wärmeproduction der Kaninchen auf gleiche Bluttemperatur rechnen und würde erhalten für die letzten fünf Tage:

55·0 Cal.
53·5 „
53·4 „
57·3 „
61·5 „

Von diesen Tagen sind die beiden ersten Tage mit geringer Eiweiss- und hoher Fettzersetzung, die beiden letzten Tage mit fast ausschliesslicher Eiweisszersetzung.

Sonach wäre die Zersetzung an den letzten Tagen im Verhältniss von 54·7 : 59·4 = + 8·6% gestiegen und die Mittelzahlen für drei Tage würden lauten:

Pro 100 N
228 Cal.
229 „
240 „
237 „
253 „

wovon die vorletzte Zahl auf die noch übrige Fettzersetzung, die letzte auf Eiweisszersetzung (mit Einschluss eines Tages, der die Vermittlung beider Perioden darstellt) trifft. Demnach ein Mehr (237 : 253) von 6·7%. Nach Correction der Körpertemperatur ist also überhaupt kein Abfallen der Wärmeproduction pro 1 *kg* oder 100 N zu bemerken, sondern eine Zunahme, wenn schon keine sehr bedeutende.

Aus diesen Betrachtungen geht aber zum mindesten hervor, dass bei schlecht genährten, herabgekommenen Thieren, und namentlich im Hungerzustande, in Zukunft genauere Temperaturmessungen unerlässlich sind, wenn man Fragen, wie die oben aufgeworfenen, einer exacten Lösung zuführen will. Mit Experimenten über den respiratorischen Gasaustausch lassen sie sich freilich nicht verbinden, weil die oftmalige Unterbrechung des Versuches im Respirationsapparat unzulässig ist. Obschon mir also diese Verhältnisse bekannt waren, liess sich eine öftere Temperaturmessung doch nicht ausführen.

Völlig analoge Verhältnisse hinsichtlich des Hungerverlaufes wie bei dem Kaninchen ergeben sich für das Meerschweinchen.

Tabelle 105.

Meerschweinchen.

Hungertag	Calorien pro 1 *kg*[1])
1.	149·9
2.	162·6
3.	156·5
4.	140·5
5.	137·3
6.	150·6
7.	157·4
8.	155·6
9.[2])	162·6

Das kleine Thier starb am zehnten Tage, hat aber bis zum letzten Tage fast unveränderte Wärmeproduction gezeigt, jedenfalls nicht weniger Energieumsatz als zu Anfang der Reihe, eher etwas mehr pro 1 *kg* berechnet.

Ich muss also vorläufig für den rapid verlaufenden Hungerzustand an der von mir zuerst näher gewürdigten Thatsache festhalten, dass der Energieabfall in den eingehend untersuchten Fällen am einfachsten mit der Masse in Rechnung gestellt wird, wobei ich es aber unentschieden lassen will, ob dies eine generelle Regel bei allen Thieren darstellt und weiter unerledigt lassen muss, wie sich die Verhältnisse gestalten würden, wenn eine völlig normale Wärmeregulation mit voller Erhaltung der Körperwärme bestünde. Auf weitere Schwierigkeiten der Frage will ich bei Besprechung der Auffassung anderer Autoren eingehen.

Unter Benützung meiner und der von anderen Experimentatoren ausgeführten Versuche über den Energieverbrauch im Hungerzustande

---

[1]) Anfangsgewicht = 672 *g*, Endgewicht = 428 *g*.
[2]) 428 *g*.

glaubt *Erwin Voit* eine zum Theile von meinen Anschauungen abweichende Ansicht darlegen zu müssen.

Er bestätigt zunächst in weiterem Umfange, als es früher möglich war, die Beziehungen zwischen Oberfläche und Umsatz und meint, dass die relative Zersetzungsgrösse bei allen homöothermen Thieren pro $1\,m^2$ Oberfläche fast denselben Werth besitzt. Man wird diesen Satz, meine ich, nicht zu scharf formuliren dürfen, wie schon gewisse Abweichungen bei den Kaninchen zeigen. Abgesehen von anderen bereits erwähnten Bedingungen wissen wir zur Zeit noch nicht, ob ein Quadratmeter Fläche vom physikalischen Standpunkte bei verschiedenen Thieren dieselben Abkühlungsbedingungen bietet. Sicher ist dies bereits nicht der Fall für den Sommer- und Winterpelz der Thiere, dort wo ein ausgeprägter Unterschied bei den einzelnen hervortritt. Ebenso grosse Unterschiede liegen gewiss auch für die lang- und die kurzhaarigen Racen derselben Species vor, und endlich sind die Pelze der arktischen und der Wollthiere sicher von ganz anderer Wirkung als die bei anderen Thieren.

Die Unterschiede im Wärmeleitungsvermögen sind ganz enorme wie ich gefunden habe, woraus folgt, dass bei derselben Temperatur der Luft — wie man sie bisher bei solchen Vergleichen angewendet hat — unmöglich sich dieselbe Wärmebildung wird finden können. Es bliebe, was bis jetzt unerörtert ist, nur der Ausweg, solche Vergleiche allgemein für die Grenztemperatur der physikalischen Regulation, also unabhängig von dem absoluten Temperaturgrad, durchzuführen.

Auszuschalten wäre dann noch die Wirkung der ungleichen Körpertemperatur der Thierspecies. Ehe wir also auf vergleichend-biologischem Wege Exactes über diesen höchst wichtigen Gegenstand sagen können, bedarf es noch mancher Vorarbeiten. Immerhin aber ist schon jetzt die Uebereinstimmung der verschiedenen Thierspecies doch eine höchst merkwürdige Thatsache und vielleicht lassen sich die anscheinenden Ausnahmen bald einer Regel unterordnen.

Bei manchen Thieren, wie dem Schweine, wird das, was an Haaren mangelt, durch subcutanes Fett abgeglichen; Haare und Federn sind zwar in ihrem Wärmeleitungsvermögen, wie ich nachgewiesen, gleich, aber es kommt doch nicht darauf an, sondern auf das specifische Gewicht, d. h. den Luftreichthum des Haar- oder Federkleides und auf die Anordnung dieser Schutzmittel selbst. Man muss es also unbedingt in vielen Fällen mit solchen Wirkungen zu thun haben.

Ich halte es auch für einer weiteren Untersuchung werth, nachzuweisen, inwieweit denn die zu messende Oberfläche wirklich als „abkühlende" anzusehen sein dürfte. Manche Organe sind ganz gewiss von verschiedener Dignität für den Wärmeverlust. Es erscheint mir zweifelhaft, ob die gewaltige Oberflächenentwickelung der Kaninchenohren wirklich in der Kälte sich erheblich an den Wärmeverlust betheiligt und nicht vielmehr ein Organ darstellt, das

der Ueberwärmung bei hoher Temperatur entgegenarbeitet; nicht minder unerklärt ist die Function der Schwänze bei Ratten, Mäusen u. s. w.

Die Kaninchenohren sind vermuthlich solche Organe, welche der Entwärmung bei höherer Temperatur dienen. Ich habe mich davon überzeugt, dass die Oberflächenberechnung in ganz enormem Maasse von der Mitberücksichtigung dieser Flächen beeinflusst wird. Stutzt man die Ohren so weit, dass der Rest der Ohrentwickelung bei anderen Thieren nahe kommt, so berechnet sich die Oberfläche eines Kaninchens statt zu 2435 nur auf 2159 cm^2, welche beide Flächen sich wie 100 : 88·6 verhalten und die Constante zur Oberflächenberechnung für das ohrfreie Thier würde nur mehr 10·8 betragen.

Dieser Punkt ist zugleich mit dem grossen Ballast, den diese Thiere am Leibe tragen (16 bis 20% des Rohgewichtes), bei der Berechnung ihres Kraftwechsels sehr zu beachten.[1])

Es ist gewiss, dass der Kraftwechsel der Thiere zu gering veranschlagt wird, wenn diese Punkte im Einzelnfalle nicht richtig in Erwägung gezogen werden; ob bei der Berechnung der zur Oberflächenbestimmung dienenden Constante das darmreine Thier oder das Thier mit dem Darmballast zugrunde gelegt wurde, ist nicht immer angegeben.

Die der Kälteeinwirkung ausgesetzte Oberfläche des Kaninchens ist gewiss kleiner, als gewöhnlich berechnet wird.

Im Ganzen dürfte also auch die Wärmebildung des Kaninchens nicht so wesentlich hinter der anderer Thiere zurückbleiben. Ich bemerke, dass der Wärmeschutz des Kaninchenpelzes ein sehr grosser ist und beträchtlicher als des glatthaarigen Hundes.

Man wird die Beine bei manchen Stelzvögeln, die Schnäbel u. s. w. gleichfalls nicht als wahre Entwärmungsflächen ansehen können. Zur Zeit fehlen uns vollkommen exacte Vorstellungen und man wird, wo sich Incongruenzen ergeben, mit einiger Vorsicht zu Werke gehen müssen und nicht erwarten dürfen, dass wir allgemein bei den verschiedensten Thieren eine absolute mathematische Beziehung zwischen Oberfläche und Wärmeproduction nachweisen können. Dazu bedarf es im Einzelnfalle doch einer genaueren Sichtung.

Es fehlen auch vielfach noch die exacten Formeln zur Oberflächenberechnuug und die nöthigen Constanten. Ich will einige derselben, die von Werth sein können, nach meinen bisher zum Theil nicht veröffentlichten Untersuchungen angeben.

Constanten zur Berechnung der Oberflächen

Mensch	12·3
Hund	11·2 – 10·3
Kaninchen	12·9—12·0[2])

[1]) Ich habe früher nur 10 bis 13% des Körpergewichtes als Darminhalt gefunden (Biol. XIX, S. 556), erhalte aber häufig erheblich höhere Zahlen.

[2]) Darmrein.

Constanten zur Berechnung der Oberflächen

	(10·8 ohne Ohrfläche)
Kalb	10·5
Schaf	12·1
Katze	9·9
Schwein	8·7
Meerschwein	8·5
Huhn	10·4
Ratte	9·1
Mäuse (weisse)	11·4
(Frosch	4·6)

In der That ist aber, wie die Zusammenstellungen von *E. Voit* zeigen, die Uebereinstimmung der Wärmebildung auf gleiche Oberflächen berechnet erstaunlich gleichmässig. Ehe ich näher darauf eingehe, möchte ich noch über den Kraftwechsel von Mäusen berichten.

Ueber den Hungerverbrauch von Mäusen lässt sich Folgendes angeben: Ich habe je sechs Normalthiere und sechs Hungerthiere analysirt und Folgendes gefunden:

In 100 Theilen

Normalthier		Verhungert	
Trockensubstanz	30·22	Trockensubstanz	27·47
Asche	3·66	Asche	4·59
Fett	7·18	Fett	1·56
N	2·52	N	3·01
Calorien	171·8	Calorien	132·7

Im Laufe des Hungers wurden verloren	82·30 Cal.
Unverbrannt als Harn ausgeschieden 0·30 *g* N	— 2·55 „
	= 79·75 Cal. als Wärme entwichen.

Zwei Stunden waren die Thiere moribund, demnach 92 Stunden Hungerzersetzung = 20·80 Cal. pro sechs Mäuse und pro Tag.

Auf 121·3 *g* Anfangsgewicht fallen 25·715 Cal. = (212·0 Cal. pro 1 *kg* und 24 Stunden) = 265·0 cm^2 Oberfläche = 970 Cal. pro 24 Stunden und 1 m^2 bei 23 bis 24°.

(Wenn man annimmt, dass pro 1° Temperaturerniedrigung die Wärmebildung um 2·5% steigt, so würde bei 15° 1188 Cal. als Wärmewerth pro 24 Stunden zu rechnen sein; jedenfalls beweisen die Zahlen, dass der Energieverbrauch dieser kleinen Thiere sehr nahe jene Werthe erreicht, welche man auf Grund des gleichen Gesetzes auch mit fast den gleichen absoluten Zahlen bei den grössten Thieren gefunden hat.)

Nachstehend gebe ich eine Zusammenstellung derjenigen Werthe, welche *E. Voit* aus meinen und anderen Versuchen zusammengefasst und

berechnet hat. Der Werth für das Kaninchen ist für das ohrfreie Thier angenommen und hinzugefügt ist der Werth für Mäuse nach den vorstehenden Angaben der calorimetrischen Berechnung. Ich nehme an, dass für das Kaninchen noch höhere Werthe sich ergeben, wenn alle einschlägigen Verhältnisse noch genauer in Betracht gezogen werden.

Tabelle 106.

	Gewicht	Calorien pro 1 m^2 Oberfläche
Schwein	128·0	1078
Mensch	64·0	1042
Hund	15·0	1039
Kaninchen	2·3	(917)
Gans	3·5	967
Huhn	2·0	943
Maus	0·018	1188

Will man vergleichend biologische Untersuchungen dieser Art machen, so würde die jedesmalige genaue Untersuchung der Einzelnfälle nicht zu umgehen und zu fordern sein, dass der Energieverbrauch auch in einheitlicher Weise festgestellt wird.

Wenn ich demnach auch zugeben kann, dass die verschiedenen Species ziemlich einheitliche Verhältnisse aufweisen, was ja schon aus meinen älteren Versuchen sich ergeben hatte, so weiche ich nach anderen Richtungen etwas von den Anschauungen *E. Voit*'s ab.

Er meint: Der Energiebedarf homöothermer Thiere richtet sich nach deren Oberflächenentwickelung, wenn Körperruhe, mittlere Umgebungstemperatur und relativ gleicher Eiweissbestand gegeben ist.[1])

Weiter wird bemerkt:

„*Rubner* stellt sich vor, dass das hungernde Thier bei Körperruhe auf eine untere Grenze des Energieverbrauches sich einstellt, welche in dem Momente, wo die Leistungen des Thieres, dessen Wärmeverlust nicht mehr zu decken im Stande, vermöge der chemischen Wärmeregulation durch die Grösse des Wärmeverlustes allein bestimmt wird. Wenn nun in solchen Fällen, das wäre schon bei mittlerer Umgebungstemperatur, die abkühlende Oberfläche allein maassgebend ist für die Grösse des Energieverbrauches, dann muss diese auch bei dem gleichen Individuum proportional der Oberfläche sich ändern. Das ist aber, wie gesagt nicht der Fall."

Und zusammengefasst bemerkt er weiter:

„Somit ist der Zusammenhang zwischen beiden Grössen der Oberflächenentwickelung einerseits und der Energieverbrauch anderer-

[1]) Zeitschr. f. Biol., Bd. XLI, S. 147.

seits doch nicht so einfach zu denken als man bisher nach der Anschauungsweise *Rubner*'s sich vorzustellen gewohnt war."

E. Voit weist dann namentlich noch darauf hin, dass gewisse Beobachtungen von *Krehl* und *Soetbeer*, aus denen er ableiten zu dürfen glaubt, dass auch bei Kaltblütern eine Beziehung ihres Stoffwechsels zur Oberflächenentwickelung bestehe.

E. Voit meint, dass mit sinkendem Ernährungszustand der Energieverbrauch, auch pro 1 *kg* Thier berechnet, stark absinke, was natürlich noch weniger als ein dem Gewichte proportionales von dem Gesetze der Oberflächenentwickelung abweicht.

Zunächst möchte ich darauf hinweisen, dass ich die Wirkung der Oberfläche auf die Thiere keineswegs nur aus der Abkühlung allein erklärt habe. Das war wohl in meiner ersten hierüber veröffentlichten Arbeit der Fall, da man damals über wärmeregulatorische Vorgänge überhaupt noch wenig wusste und der Act der chemischen Regulation der einzige einigermaassen geklärte war. Aber schon einige Jahre später habe ich selbst und als Erster die Beweise erbracht, dass die Oberflächenwirkung sich ebenso nachweisen lässt, wenn man die ganze chemische Wärmeregulation ausschliesst. Ich habe durch die in meinem Laboratorium zu Marburg ausgeführten Versuche dargethan, dass der Umsatz, wie man ihn bei verschieden grossen Meerschweinchen bei 30° C. nachweisen kann, sich genau ordnet wie die Oberflächen der Thiere.[1])

Ich habe damals gesagt:

„Auch jene Zellen, welche nicht in unmittelbarem Zusammenhange mit der Wärmeregulation stehen, zeigen also bei grossen und kleinen Thieren eine verschiedene Intensität der Zersetzung und diese wird gewiss in einer Beziehung zum Wärmeverluste stehen. Offenbar trägt nicht der Muskelapparat allein die Mehrzersetzung, wie sie durch letztere hervorgerufen worden, sondern wir haben es mit einer allgemeinen Accommodationserscheinung der Zellen zu thun." Den immerwährenden grossen Anforderungen an die Wärmeproduction eines kleinen Thieres muss der ganze Körper angepasst sein. Die chemische Regulation ist nur ein Plus, welches dann und wann, oft für lange Zeit das zuzulegen hat, was als gesteigerter Verbrauch nothwendig wird.

In ihrer Zersetzungsgrösse muss der Werth des Umsatzes bei physikalischer Regulation + der Leistung der chemischen Regulation den Wärmeverlusten entsprechen, und je nach der Kleinheit des Thieres kann nur ein bestimmter Theil unter günstigsten Umständen von seiner Arbeit entlastet werden. Ich habe also nicht angenommen, dass nur die Kälte wirksam sein muss oder nur diese in Betracht gezogen, sondern meine experimentell belegte Anschauung ging dahin, dass die Zellmasse der Thiere auch ohne die abkühlenden Einflüsse der Oberflächengesetze folgt, unter Bedingungen, unter denen jede Kältewirkung

---

[1]) Biol. Gesetze, S. 18, 1887. Marburg.

der Umgebung ausgeschlossen ist. Diese ungleiche Zersetzung des lebenden Eiweisses im Wechsel des Wachsthums oder bei verschiedenen grossen Thieren zeigt, dass es sich um Eigenthümlichkeiten handelt, die in relativ kurzen Zeiten variirbar sind. Das Protoplasma des Thierleibes ist keine einheitliche Verbindung in dem Sinne, dass gleichen Mengen die gleichen Umsätze an Energie entsprechen. Seine Zersetzungsgrösse hängt deshalb auch nicht allein von der Höhe der Temperatur ab, sondern wird mit bedingt von den äusseren Umständen, unter denen sich das Lebewesen befindet. Die Zellenergie ist daher eine andere in einem 3 *kg* schweren, als in einem 30 *kg* schweren Organismus, und die gleichen von aussen kommenden Reize wirken auf beide Organismen in einer zwar relativ entsprechenden, absolut aber höchst variablen Grösse ein.

Neben einer dauernden Accommodation an gewissen unabweislichen Leistungen des Körpers haben wir die variable durch Innervation.

Auch das dem Nerveneinfluss im Sinne der Wärmeregulation entzogene Protoplasma ist der Oberflächenwirkung entsprechend abgestimmt in seiner Lebensenergie. Dies ist eine Thatsache, für welche eine Erklärung, wie ich schon erwähnte, gegeben werden kann.

Wenn man einerseits annimmt, dass sich der Einfluss der Oberflächenwirkung in allgemeinster Verbreitung zeige, so glaube ich, kann man andererseits nicht die Anschauung aufstellen, dass die Zersetzungen wesentlich nach der Organmasse beurtheilt werden müssen.

Man kann füglich doch nicht annehmen, dass, wenn die nachgewiesenen Beziehungen bei wohlgenährten Thieren bestehen, sie nun auf einmal verschwinden sollten, wenn es sich um weniger guten Körperbestand handelt. Was man für den einen Fall annimmt, kann man für den analogen anderen doch nicht ohneweiters als ungiltig ansehen. Bei Hungerzustand ist die chemische Regulation nicht aufgehoben, im Gegentheile er ist derjenige Körperzustand, bei welchem man dieselbe gerade in grösster Breite nachweisen kann, und in welchem sie gerade die wichtigste Function erfüllt. Die Thiere sind auch ausserordentlich empfindlich für die kleinsten Temperaturschwankungen. Bei dieser Sachlage kann man nicht annehmen, dass nun auf einmal die Abkühlungskälte durch die relative Oberfläche nicht mehr jener Factor sei, der jenes Minimum von Wärme zu garantiren hat, ohne welches die Eigentemperatur sich gar nicht einmal erhalten lässt.

Ich habe gar keinen Zwang anzunehmen, dass nicht etwa bei herabgekommenen Thieren die Wärmeerzeugung stärker sinken könnte als selbst der Massenabnahme entspricht. Denn die Erklärung für diese Erscheinung ist nicht leichter und nicht schwieriger, als wenn der Abfall der Wärmebildung rascher wäre.

Ich glaube, dass das vorliegende Material, so gross es ist, nicht hinreicht, die Frage in diesem Sinne zu entscheiden.

Einmal sind die Experimente von den verschiedenen Experimentatoren doch unter recht verschiedenen Bedingungen, die ein Fernestehender gar nicht immer richtig zu würdigen versteht, angestellt.

Die Methodik, den Energieumsatz zu messen, ist verschieden, ob die Temperaturmessungen, die Lüftung der Apparate u. a. ganz vergleichbar sind, kann man kaum sagen. Die einzelnen Beobachter haben über die Körpertemperatur ihrer Thiere, über die äussere Beschaffenheit u. s. w. keine Angaben gemacht.

Was meine eigenen Mittheilungen anbelangt, so komme ich bei den Kaninchen zu einem wesentlich anderen Schluss als *E. Voit.* Alle Versuche zusammengenommen lassen von dem erheblichen Absinken des Energieumsatzes, wie es beim Hunger von *E. Voit* angenommen wird, nichts wahrnehmen.

Ja selbst wenn wirklich aus den Ergebnissen anderer Autoren ein solches Resultat zu berechnen sein mag, so bleiben noch zahlreiche Unsicherheiten über die Bedeutung solcher Versuchsergebnisse.

Zunächst liegt es vielfach an der Wahl der Versuchsthiere, wenn man ein Absinken des Energieumsatzes findet. So wenig ein Mensch gleichheitliche Resultate gibt, wenn er zum erstenmale den Respirationsapparat betritt, so wenig auch das Thier. Man hat manchmal sicher mit einer mehrtägigen Accommodation an die neuen Verhältnisse und mit einer grösseren Beweglichkeit der Thiere zu rechnen. Ein Thier, welches sich allmählich an das Experimentiren gewöhnt hat, ist von grösstem Werthe. Manche eignen sich dauernd nur schlecht zum Experiment. Ich erinnere mich eines Thieres (Windspiel), das wegen seines unruhigen Wesens zu einwandfreien Resultaten oder zur Feststellung feiner Unterschiede nicht zu brauchen war, im protrahirten Hunger aber ruhig und hinfällig wurde wie die übrigen Thiere.

Wenn verglichen werden sollte, ob mit dem Sinken des guten Ernährungszustandes die Oberflächenwirkung rechnerisch nicht mehr zum Ausdruck kommt, so bliebe eben nichts anderes übrig, als Thiere von gleichem Ernährungszustande, aber ungleicher Grösse hinsichtlich ihres Energieumsatzes zu vergleichen. Denn die Oberflächenberechnung nach einer Normalformel ist für solch abweichende Körperbeschaffenheit nicht mehr durchführbar. Es ist aber heute nicht mehr so schwierig, solche Experimente thatsächlich auszuführen, da man den Ernährungszustand auch am lebenden Thier recht wohl zu beurtheilen in der Lage ist.

Ausserdem ist bisher kein Versuch gemacht worden, um zu beweisen, dass diese von *E. Voit* angenommene Incongruenz zwischen Oberfläche und Umsatz beim hungernden Thier wirklich besteht. Dies kann man nicht aus dem Umstande ableiten, dass man annimmt, die herabgekommenen Thiere hätten, da sie aus den gutgenährten hervorgehen, dieselbe Oberfläche. Meinem ausgesprochenen Gedanken des

Oberflächengesetzes entspricht doch nicht die absolute Hautfläche, sondern die wirklich auf die Abkühlung wirkenden Flächen.

Was die thermische Erklärung der Oberflächenentwickelung anbelangt, so kann ich mich der Anschauung von *E. Voit* nicht anschliessen, ich habe schon oben auseinandergesetzt, dass nicht allein die chemische Regulation den Energieverbrauch proportional der Oberfläche abzustufen und zu reguliren vermag, sondern dass ebenso gut im Zustande der physikalischen Regulation die gleichen Erscheinungen sich ausbilden mussten. Daher hat es für mich nichts Auffälliges, wenn die Kaltblüter auf eine solche Beziehung zwischen Oberfläche und Energieumsatz, wie ich ihn zuerst bewiesen habe, abgestimmt sind.

Denn sie besitzen wahrscheinlich die Mittel der physikalischen Regulation, deren sie bei Erwärmung ihres Körpers auf Bluttemperatur bedürfen, um eine rasche Ueberwärmung abzuweisen.

Im Uebrigen aber ist bei allen diesen Betrachtungen der springende Punkt übersehen, nämlich, dass es sich erst um den Beweis handeln würde, ob thatsächlich aus den Beziehungen der Oberfläche zur Zersetzung die Verhältnisse bei den hungernden Thieren sich nicht mehr erklären lassen.

Aber ich will einmal einen solchen Versuch und ein derartiges Experiment unternehmen.

Die Erklärung für diese Verhältnisse ist an der Hand anderer Experimente zu geben. Die Gesetze zwischen Körpergewicht und Oberfläche sind im Hungerzustande ganz andere, als wenn wir gut genährte Thiere derselben Species von verschiedener Körpergrösse vergleichen.

Ich habe ein Dutzend gesunder weisser Mäuse in zwei Gruppen getheilt, sechs schnell getödtet, sechs verhungern lassen.

121·3 *g* Normalmäuse hatten planimetrisch gemessen 278·5 cm^2 Oberfläche. Die Constante ihrer Körperform ist 11·36.

112·6 *g* Mäuse verhungerten und wogen nach 94 Stunden Hunger (die Todeszeit differirt nur um zwei Stunden) 83·74 *g* frisch und hatten 240·8 cm^2 Oberfläche. Die Constante ist zur Oberflächenberechnung 12·3.

Die letztere steigt also beim Hungerthier sehr stark.

Auf 1 *kg* Normalthier trifft 2296 cm^2 Oberfläche
„ 1 *kg* Hungerthier „ 2875 cm^2 „

Ganz ähnliche Verhältnisse habe ich an weissen Ratten, wie ich gleich anfügen möchte, gefunden. Im Mittel gaben gutgenährte weisse Ratten (1883) einen

Trockengehalt von	29·73%
Fettgehalt (auf frische Substanz)	7·77%
Gehalt an Haut	18·49%
Constante K	9·13
Oberfläche pro 1 *kg*	1540

Die Controllratte starb am neunten Tage an Hunger.

Ihr Gehalt an Haut war	20·58%
die Constante	10·88
und Oberfläche pro 1 *kg*	2013

Die Oberflächen der Thiere nehmen beim Verhungern um 30·7% zu. Ganz analog waren die Zahlen bei den Mäusen.

Die Oberfläche wird also pro 1 *kg* um 25·2% grösser, oder richtiger gesagt die Haut wird für das Thier viel zu gross, da sie aber dem Körper anliegt, so faltet sie sich in Runzeln und der Pelz schliesst sich besser aneinander. Das Hungerthier kann sich durch den reichlichen Pelz also besser gegen Wärmeverlust schützen.

Die Haut schrumpft wohl etwas. Die 112·6 *g* für den Hunger bestimmten Mäuse hatten (berechnet) 265·0 cm^2 Fläche, nach dem Versuche nur 240·8 cm^2, demnach 9·55% weniger als anfänglich. Diese Abnahme kann nur so zu Stande kommen, dass die Haut zwar kleiner, aber dicker wird.

Wenn man die Oberfläche für die 87·5 *g* verhungerter Thiere berechnet (K 11·36) nach dem Verhältnisse der Constante für ein Normalthier, so würde 217·5 cm^2 Oberfläche vorhanden sein müssen statt 240·8 cm^2, woraus ein + von 10·7% sich ableitet.

Das Mehr an Pelz und die Zunahme der Dicke, so weit sie dem Bindegewebe entspricht, wird durch die Abnahme des Gewichtes der Haut, durch Schwund des Fettes etwas verändert. Die Normalthiere hatten 17·7%, die Hungerthiere 17·5% des Gewichtes an Haut.

1 m^2 Haut des Normalthieres[1]) wiegt . . .	772 *g*
1 m^2 „ „ Hungerthieres „	608 *g*

Die Thierchen zeichnen sich durch eine ausserordentlich dünne und wenig fettführende Haut aus. Nach meinen Aufzeichnungen wiegt die Haut anderer Thiere pro 1 m^2:

Kalb	37·00 *kg*	= 1890	
Schaf	9·00 *kg*	= 3406	3118
„	7·00 *kg*	= 2830	
Schwein	4·00 *kg*	= 4224	4082
„	3·50 *kg*	= 3940	
Hund	4·70 *kg*	= 2840	
Katze	1·70 *kg*	= 1177	
Kaninchen	1·80 *kg*	= 1052	
Meerschweinchen	0·37 *kg*	= 1535	

Die Unterschiede liegen also wesentlich wohl im Ernährungszustande und Fettgehalt.

Der Zuwachs an Pelzwerk, den somit ein stark herabgekommenes Thier erhält, ist ein sehr großer; man darf die schützende Wirkung

---

[1]) 278·5 cm^2 = 21·5 *g*, 240·8 cm^2 = 14·5 *g*.

einer solchen Decke nicht nach dem Gewichte derselben beurtheilen wollen, sondern hier ist einzig und allein die Anordnung der Haare selbst von grösster Bedeutung für die Wärmewirkung.

Die Frage, die ich aufgeworfen habe, lässt sich leider nicht eingehender beantworten und lösen, weil man in situ weder die wahre Oberfläche, noch die wirkliche Verdickung der Haarbedeckung messen kann. Wenn man aber die Versuche betrachtet, die ich über die Wärmeleitung der Pelze u. s. w. ausgeführt habe, wird man über die Bedeutung des Hautzuwachses im Hungerzustande nicht im mindesten im Zweifel sein. Der Fellzuwachs dürfte also recht wohl in der Lage sein, die durch den Fettschwund gegebene grössere Wärmeabgabe auszugleichen.

Wie sich die Haut bei langdauernder geringer Nahrungszufuhr, bei der ein Thier nahe dem Verhungern bleibt, hält, ob sie dann abnimmt an Menge und sich enger an den Körper legt, ist nicht bekannt, im Allgemeinen aber überhaupt unwahrscheinlich, dass ein Thier nicht einem besseren Ernährungszustande zustreben sollte, wenn irgendwie sich eine Gelegenheit dazu bietet.

Bei hungernden Thieren, namentlich solchen, welche äusserst herabgekommen sind, und welche in ununterbrochener Reihe dem Hungertod entgegengehen, sieht man noch, dass sie weit ängstlicher als bei gut genährten sich möglichst zusammenrollen, wodurch selbstredend, indem sie sich mehr der Kugelform nähern, die Grösse des Wärmeverlustes, wie auch an anderer Stelle gezeigt worden ist, erheblich einzuschränken vermögen, während sie bei gesunder Ernährung diese vermuthlich unbequeme Lage nicht in gleicher Art innehalten.

Wenn man sich erinnert, wie hohe Temperaturen im Allgemeinen bei Hungerthieren dazu gehören, um die Wärmeregulation auszuschalten, kann man mit Rücksicht auf die praktisch gegebenen Verhältnisse unseres Klimas behaupten, die Menge der im Hungerzustande producirten Wärme wird bestimmt durch die relative Oberfläche, die Beschaffenheit der Hautbedeckung und die herrschenden thermischen Verhältnisse.

Aber gibt es denn nicht doch noch andere Gründe, welche gleichfalls mindernd auf den Energieverbrauch wirken könnten? Es wäre doch denkbar, dass bei dem allmählichen Zusammenbruche des Organismus die Bedingungen für die Wärmeabgabe durch die Abnahme der Blutmenge rascher sinken und ohne dass die thermische Constante dieser weniger durchbluteten Haut eine andere wäre, Wärme gespart wird. Endlich aber müsste man sich doch dem unmittelbaren Eindrucke der späteren Zeit des Hungerzustandes ganz entziehen, wenn man die zunehmende Schwäche solcher Thiere leugnen wollte. Wenn auch die Bewegungen bei Versuchsthieren eine so geringe Rolle spielen, dass man bei Tag und bei Nacht, wie ich gesehen habe, in getrennten Stoffwechselversuchen kaum 1% Unterschied findet, so kommen doch

zeitweise Bewegungen vor und energischere Lebensäusserungen in der ersten Zeit des Hungers als in der späteren, bei welchen man ein stärkeres Abfallen des Energieverbrauches finden kann.

Ich bin also der Anschauung, dass es eher auffällig ist, wenn wir bei hungernden Thieren gegen das Ende der Lebenszeit noch diese lebhafte Oxydation finden, wie ich sie zuerst nachgewiesen habe, da genug Momente vorhanden sind, um ein stärkeres Absinken zu erklären.

Experimentell sichergestellt halte ich die Thatsache, dass im Hungerzustande unter dem Einflusse verschiedener compensirender Einflüsse der Energieumsatz sich sehr genau der Abnahme des Körpergewichtes anschliesst. Das ist also für die Berechnung von Stoffwechselvorgängen ein Umstand, der von den Verhältnissen des normalen Wachsthumsgesetzes abweicht.

Es erübrigt aber doch noch eine wichtige Frage, welche controvers erscheinen mag, nämlich wie sich denn die Verhältnisse bei hungernden Thieren gestalten, wenn sie bei Lufttemperaturen sich befinden, welche die Thätigkeit der chemischen Wärmeregulation ganz ausschliessen, in den Grenzen also, wo die Wärmewirkung der Aussenwelt aufhört, durch Nerveneinfluss die Umsetzungen zu ändern.

Directe Experimente liegen nicht vor. Aber man muss annehmen, dass in diesem Zustande, da bei den verschiedensten Thieren ihre Wärmebildung wieder gerade so abgestimmt ist, wie sich ihre Oberflächen zueinander verhalten, dieser damit ausgedrückte Nahrungsbedarf von Seite des Körpers erhalten wird.

Bei grossen wie kleinen Thieren nimmt die chemische Regulation, wie ich bewiesen habe, annähernd bei denselben Temperaturen ein Ende. Man kann also bei einem Thiere, das wegen seiner Kleinheit z. B. relativ dreimal so viel an Wärme bildet als ein grosses, durch beliebige Steigerung der Lufttemperatur die Wärmebildung nicht auf das Maass der Lebensprocesse eines grossen Thieres herunterdrücken.

In diesem Zustande hört freilich die Lufttemperatur u. s. w. auf, einen bestimmten Einfluss zu üben, die Wärmeproduction wird constant, und zwar aus inneren Gründen, wie wir gesehen haben.

Die Zellmasse stellt im Ganzen genommen eine gewisse Anforderung an den Bedarf, der aber seinerseits doch wieder mit den Anforderungen zusammenhängt, welche das Leben des Thieres nothwendig erscheinen lässt. Mit der Aenderung der Masse muss dann auch die Wärmebildung fallen.

Gerade der Umstand, dass das Thier bei hoher Temperatur auf einem Minimum des Kraftwechsels anlangt, zeigt die innere Nothwendigkeit des Verbrauches und dieser ist auch der Stimulus, welcher die Grenze der Leistungen nicht sinken lässt. Es geht wie sonst im Hunger, das weniger widerstandsfähige Material zerfällt, schmilzt ein und dient dem Uebrigen zur Nahrung.

Ich habe mich durch directe Experimente davon überzeugt, dass wenigstens für kürzere Zeiträume Hungerthiere sich — von der absoluten Grösse des Kraftwechsels abgesehen — nicht anders bei hohen wie bei niedrigen Temperaturen verhalten.

Der Hund (Fl.) wurde nach 530 *g* Fleisch, welche bei 5 bis 6° etwa zu seinem Unterhalt ausreichten, und nachdem er bei wechselnder Temperatur untersucht war, bei 30 bis 32° hungern gelassen. Dabei wurden folgende Zahlen festgestellt:

Tabelle 107.

Hunger 33·0. 10. bis 14. Juni 1901.

Tag	Temperatur	N im Harn	N im Koth	Summe des N	C in der Respiration	C im Harn	C im Koth	Summe des C	Fett-C	Calorien im Eiweiss	Calorien im Fett	Summe der Calorien	Gewicht im Mittel	Pro 1 *kg* Cal.
8.	32·0	3·35	0·2	3·35	26·70	2·30	0·89	29·89	18·94	83·7	233·0	316·7	5·41	58·1
9.	32·5	2·45	0·2	2·65	24·60	1·79	0·89	27·28	18·59	66·2	228·7	294·9	5·26	56·1
10.	32·8	2·30	0·2	2·50	23·06	1·68	0·89	25·43	17·23	62·5	211·9	274·4	5·17	53·1
11.	33·1	2·44	0·2	2·64	23·06	1·78	0·89	25·43	16·77	66·0	206·3	272·2	5·12	53·1

Der Ansatz an Fett war in der vorhergehenden Periode nicht wesentlich gewesen. Die Zersetzung des Hundes hatte sich zwischen 80 bis 110 Cal. pro 1 *kg* bewegt. (S. o. S. 170.) Sie sank, wie man sieht, an den Hungertagen ziemlich rasch ab, was jedenfalls gegenüber dem Verhalten anderer Hungerthiere etwas auffällig ist.

Stellt man die Rechnung für den N-Bestand an, so hätte man Folgendes:

Wir haben hier anscheinend ein Abfallen des Kraftwechsels vom ersten Tage im Verhältniss zum zweiten und den folgenden. Allem Anschein nach nichts anderes als wohl eine Wirkung der plötzlichen Nahrungsentziehung, wobei man nicht immer, aber doch bisweilen am ersten Tage noch eine Mehrzersetzung findet, welche meines Erachtens am einfachsten zu erklären ist durch eine gewisse Unruhe der Thiere. Je öfter man Thiere zu solchen Experimenten benützt, um so gleichmässiger werden die Zahlen.

Die Veränderungen von einem zum anderen Hungertage sind auch im Gebiete der physikalischen Regulation keine anderen wie sonst.

Es lässt sich aber eine gesetzmässige Beziehung über die Veränderung des Kraftwechsels beim hungernden Thier und für hohe Temperatur nicht aufstellen. In einem Falle (22. bis 25. Juni 1901) ergab sich bei 33° bei demselben Hunde (5·4 *kg*) pro 1 *kg* an Cal.

1. Tag	50·2
2. „	53·8
3. „	53·8
4. „	56·4

Also Schwankungen, wie man sie auch sonst beobachten kann. Und am 11. und 12. Juli, nachdem das Gewicht auf 4·5 *kg* gefallen war:

1. Tag	. . . . .	50·4 Cal.
2. „	. . . . .	50·6 „

Auch das Absinken der Wärmebildung um einige Procent ist eine Thatsache, welche auch bei niedrigen Lufttemperaturen gefunden wird, wenn die Körpergewichtsdifferenzen sehr erhebliche sind. Das ist hier der Fall, denn bei gutem Körperzustand wiegt der Hund über 6 *kg*, sonach repräsentiren 4·5 *kg* Gewicht den Zustand einer starken Abmagerung, mit welcher die relative Wärmebildung absinkt.

Man könnte also meines Erachtens die bisherigen Erfahrungen so zusammenfassen: Im Laufe des acuten Hungers kommt es im Allgemeinen nicht zu einer aus dem Gesetze der Oberflächenentwickelung abzuleitenden Steigerung der Wärmebildung pro 1 *kg* der Masse; vielmehr werden durch compensirende Einflüsse, welche im Einzelnfalle verschieden sein mögen und in ihrer Vereinigung das darstellen, was man Individualität nennt, die Verluste so gemindert, dass dadurch mit grosser Annäherung ein für gleiche Gewichtseinheit gleichbleibender Energieumsatz entsteht. Letztere Aenderung ist also, auf gleiche N-Massenänderung des Körpers bezogen, grösser, als dem Wachsthumsgesetze entspricht.

Diese Processe sind offenbar umkehrbar. Beim Anwuchs wird unter bestimmten Umständen, und bei Erhaltungsdiät rascher als es dem Wachsthumsgesetz entspricht, ein höherer Energieumsatz gewonnen.

Hieran anschliessend will ich die weitere Frage behandeln, ob auch bei langsamer Aenderung der Körperbeschaffenheit die Aenderung des Energiebedarfes, ähnlich wie bei dem acuten Zusammenbruch im Hunger, sich ändern, in einem der Körpermasse entsprechenden Verhältniss. Im Verlaufe meiner zahlreichen Experimente habe ich vielfach Gelegenheit gehabt, verschiedene Hunde bei sehr wechselndem Gewicht und Ernährungszustand zu beobachten. Aus diesen Resultaten lassen sich wichtige Schlüsse ableiten.

Sehr zahlreiche Beobachtungen habe ich an einem vorzüglich für genaue Versuche geeigneten Thiere gemacht. Gewiss sind Hungerversuche, welche zwischen Fütterungsperioden eingeschoben werden, nicht ganz identisch mit den Verhältnissen, wie sie ein continuirlicher Hungerversuch bietet.

An einem grossen Hunde, der zu meinen Untersuchungen über den Stoff- und Kraftwechsel diente, habe ich in den Jahren 1882 bis 1885 zu verschiedenen Zeiten Stoff- und Kraftwechsel gemessen, während die äusseren Versuchsbedingungen fast die gleichen waren. Nur im Mai 1885 wurde das Thier absichtlich bei schwankender Lufttemperatur untersucht.

Die einzelnen Versuche sind mit ihrem Wärmewerthe in folgender Tabelle aufgeführt.

Tabelle 108.

Datum	Körpergewicht in *kg*	Temperatur der umgebenden Luft	Gelieferte Wärme pro 24 Stunden in Calorien	Wärme in Calorien pro 1 *kg*
Juni 1882	20·43	14·5	718·49	35·16
„ 1882	20·01	14·3	741·77	37·09
„ 1882	20·15	14·5	746·16	37·02
„ 1882	20·64	15·0	772·01	37·40
„ 1884	26·00	15·1	930·40	35·00
„ 1884	25·70	14·9	921·10	36·22
„ 1884	25·40	15·9	926·0	36·46
„ 1884	24·90	16·7	947.9	38·07
„ 1883	24·10	14·3	969·2	40·21
„ 1883	23·30	15·9	947·1	40·65
„ 1883	23·20	15·8	922·0	39·74
März 1885	24·80	14·4	949·0	38·25
„ 1885	24·40	14·8	920·7	37·32
„ 1885	24·10	14·9	968·0	40·16
„ 1885	23·70	15·0	907·6	37·88
Mai 1885	26·82	11·8	1089·3	40·60
„ 1885	26·36	15·9	946·6	36·00
„ 1885	26·00	12·9	1016·7	39·13
„ 1885	25·60	17·5	911·8	35·22

Das Detail über die elementaren Abgaben mag dabei beiseite bleiben. Die einzelnen Wärmewerthe wurden pro 1 *kg* Körpergewicht reducirt, da in einzelnen Fällen das letztere doch nicht unbeträchtliche Schwankungen durchgemacht hat. Aus der Tabelle 108 lässt sich dann die übersichtliche Generaltabelle ableiten.

Tabelle 109.

Zeit	Mittleres Körpergewicht in *kg*	Calorien pro 24 Stunden und 1 *kg* bei 15° C.
Juni 1882	20·3	37·10
„ 1883	23·5	40·50
März 1885	24·2	37·28
Juni 1884	25·5	37·02
Mai 1885	26·2	37·28

Die Werthe sind sämmtlich auf die Temperatur von 15° berechnet.

Ueber die Gesammtresultate habe ich schon vor vielen Jahren berichtet.[1]) Abgesehen von einer Abweichung zeigt der Hund in seiner Wärmeproduction, pro 1 *kg* berechnet, fast eine vollständige Ueber-

[1]) Sitzungsber. d. bayr. Akademie 1885, Heft IV, S. 461.

einstimmung; worauf die Steigerung im Juni 1883 zurückzuführen war, konnte nicht eruirt werden, irgend welche pathologische Erscheinungen lagen nicht vor. Die Abweichung ist freilich nicht gross, indem sie das Mittel (37·2 Cal.) nur um 8·8% übersteigt. Die Körpergewichtsschwankungen machten in den Extremen 29·1% aus, sind also sehr erhebliche. Somit haben bedeutende Schwankungen des Körpergewichtes bei diesem Thiere die relative Wärmebildung unbeeinflusst gelassen; auch die damit verbundenen grossen Differenzen im Eiweiss- und Fettbestande waren nicht ausschlaggebend, und schliesslich kann man wohl sagen, dass auch jahreszeitliche Differenzen unerheblich gewesen sein mussten.

Der wichtigste Schluss ist aber der, dass in diesem Falle die Gesammtwärmebildung proportional dem Gewichte sich verhielt, was abweicht von dem Gesetze der Wirkung der Oberflächenentwickelung.

Auf diese Veröffentlichung (1885) möchte ich noch besonders hinweisen, um darauf aufmerksam zu machen, dass nicht mir, sondern vielen anderen Beobachtern der Unterschied zwischen Variation im Anwuchs und bei der Variation durch Mast entgangen ist. Nur so erklärt es sich, dass man noch immer alle Aenderungen in der Wärmebildungsconstante für gleiche Oberflächen als etwas völlig Unerwartetes hinstellt, indes sie im Wesentlichen meist nichts anderes sind als die mir längst bekannten Unterschiede, die auf Verschiedenheiten des Ernährungszustandes zurückzuführen sind.

Die Abweichungen von dem Gesetze der Oberflächenwirkung sind aber, wenn man die pro 1 m^2 berechneten Werthe vergleicht,

Tabelle 110.

Gewicht	Oberfläche in m^2	Calorien pro Tag	Calorien pro 1 m^2
20·3	0·833	753	904
23·5	0·919	952	1035
24·2	0·937	912	973
25·5	0·970	944	973
26·2	0·988	977	989

doch nur sehr geringe, wie man sieht, und da man mit variablen Einflüssen rechnen muss, wie der Vergleich bei 20·3 und 23·5 *kg* erkennen lässt, sind die Schlüsse auf eine wesentliche Abweichung von dem Gesetze der Oberflächenwirkung praktisch betrachtet von keiner grossen Bedeutung. Jedenfalls nöthigen sie nicht zu irgend welchen besonderen Erklärungsversuchen. Die Gewichtsvariation ist aber recht erheblich, fast 20% Abnahme, was doch schon fast der Hälfte der beim Hungertode erhaltenen Abnahme entspricht.

Neben dieser Gleichartigkeit der relativen Wärmebildung beim Hunde kamen mir aber an anderen Thieren Fälle zur Beobachtung, bei denen der Abfall der Wärmebildung noch rascher war als selbst die Gewichtsänderungen des Thieres.

Bei einem Männchen hatte ich Gelegenheit, sehr verschiedene Ernährungszustände in ihrer Wirkung auf den Kraftwechsel zu beobachten; es wurde bei gewöhnlichem Ernährungszustande untersucht, dann längere Zeit hungern gelassen, schliesslich wieder aufgefüttert und gemästet. Die Differenzen im Körpergewicht betrugen zwischen 8·7 bis 11·0 *kg*. Gemessen wurde der Stoffverbrauch jedesmal im Hungerzustande. Reducirt man den Stoffconsum auf je 1 *kg* Lebendgewicht, so findet man:

Tabelle 111.

Verschiedener Ernährungszustand.

Körperzustand	N pro 1 *kg*	Fett pro 1 *kg*	Calorien aus Eiweiss	Calorien aus Fett	Im Eiweiss Calorien in %	Gesammtsumme	Bemerkungen
fett	0·142	5·74	3·63	55·41	6·14	59·93	2. bis 3. Hungertag.
mager	0·330	5·20	8·43	50·18	14·38	58·61	2. Hungertag.
sehr mager . .	0·352	4·66	8·99	44·97	16·66	53·96	13. bis 14. Hungertag.

Im gut genährten Zustande ist die Eiweisszersetzung klein, der Fettverbrauch gross, mit sinkendem Fettbestande nimmt der Eiweissverbrauch zu, der Fettverbrauch ab. Je besser der Ernährungszustand, mit um so geringerem Procentsatz betheiligt sich das Eiweiss an der Gesammtwärmeproduction. Die letztere ändert sich pro 1 *kg* Lebendgewicht mit dem guten oder schlechten Ernährungszustande. Bei ersterer ist die Wärmebildung grösser als in letzterem.

Die Veränderungen des Körpergewichtes haben hier etwa 21% ausgemacht, bewegen sich also in ähnlicher Breite wie in voriger Reihe. Eine Abnahme pro 1 *kg* ist hier nachzuweisen, wenn schon auch nicht sehr erheblicher Grösse.

Ich habe aber den Ergebnissen an diesem Hunde weniger Bedeutung beigelegt, weil dieses Thier nicht die absolute Regungslosigkeit bewahrte wie der Hund, dessen Energieumsatz vorher angeführt wurde, somit meiner Ueberzeugung nach nicht auszuschliessen war, dass mit dem Verfalle des Körpers zugleich mit der grösseren Ruhe auch der schwankende Einfluss der Körperbewegung besser ausgeschlossen wurde.

Schliesslich kann ich noch die 18 Untersuchungen an einem kleinen männlichen Hund anführen, welche eingetheilt zwischen anderen Stoffwechselversuchen, die im Hungerzustande bei verschiedenem Körpergewicht ablaufende Wärmebildung ersehen lassen.

Tabelle 112.

Datum		Temperatur	Körpergewicht	Wärmeproduction	Temperatur	Körpergewicht	Wärme	Pro 1 *kg* Wärme
März	1882	19·1	7·1	460·0				
Januar	1883	15·0	6·91	355·8				
„	1882	15·7	6·90	429·9	16·7	6·94	432·1	62·3
December	1881	15·4	6·84	431·3				
Februar	1882	18·2	6·90	463·4				
Februar	1882	15·0	6·54	422·5				
Januar	1883	15·0	6·66	387·0				
„	1883	16·9	6·50	340·2				
Februar	1882	16·5	6·40	425·0	16·0	6·45	371·8	57·6
December	1881	17·3	6·36	390·0				
Januar	1883	16·0	6·36	320·3				
Februar	1883	15·6	6·33	316·9				
December	1882	13·0	6·27	357·2				
Februar	1883	15·9	6·21	318 0				
„	1883	18·4	6·15	355·2	17·0	6·09	332·0	54·7
December	1881	19·0	6·14	346·1				
Februar	1883	19·2	5·98	310·3				
„	1883	16·8	5·80	310·6				

Die erste Tabelle scheint darzuthun, dass mit abnehmendem Körpergewichte die Wärmebildung sinkt, aber rascher als das erstere. Alle Versuche sind im Winter angestellt, die Versuche lassen sich aber auch anders ordnen. Wenn man die auf die einzelnen Jahre treffenden zusammenlegt, so entsteht nachfolgendes Bild (Tabelle 113).

Für dasselbe Körpergewicht und die gleichen Temperaturen war bei diesem Thier in den drei Jahren 1881 bis 1883 die relative Wärmebildung nicht die gleiche, sondern etwas schwankend, anscheinend allmählich abnehmend.

Man kann nach den vorliegenden Zahlen nur den Schluss ziehen, dass auch in längeren Zeitperioden gewisse Unterschiede in der Wärmebildung sich zeigen. Ueber die Ursache solcher lässt sich schwer ein Urtheil fällen. Aber es ist nicht auszuschliessen, dass sich vielleicht solche Differenzen aus einer ungleichen Lebhaftigkeit oder aus anderen Lebensgewohnheiten, aus Veränderungen in der Haut- und Fellbeschaffenheit sich erklären. Die Gewichtsschwankungen waren kleiner als in den beiden anderen vorher berührten Fällen.

In den drei Jahresperioden selbst sind die mit dem Ernährungszustande wechselnden Werthe der pro 1 *kg* verbrauchten Energiemenge verschieden; man muss dabei in Erwägung ziehen, dass wir immer im Thierversuche oder wenigstens in der Regel mit der Möglichkeit geringer zufälliger Schwankungen der Werthe, selbst wenn sie für

Tabelle 113.

Jahr	Temperatur	Körper-gewicht	Absolute Wärme	Temperatur	Körper-gewicht	Wärme	Pro 1 *kg* Cal.
1881	15·4	6·84	431·3	17·2	6·46	389·2	60·2
	17·3	6·40	380 3				
	19·0	6·14	346·1				
1882	18·1	7·1	460·0	16·1	6·70	426·3	63·4
	15·7	6·9	429·9				
	18·2	6·9	463·4				
	15·0	6·66	422·5				
	16·5	6·40	425·0				
	13·0	6·27	357·2				
1883	15·0	6·7	387·0	16·5	6·32	335·0	53·0
	15·0	6·91	355·0				
	16·9	6·50	340·2				
	16·0	6·36	320·3				
	15·9	6·21	319·0				
	15·6	6·33	316·9				
	18 4	6·15	355·2				
	19·2	5·98	310·3				
	16·8	5·80	310·6				

24 Stunden erhoben werden, rechnen müssen. Sonach dürfte ich sagen, dass auch diese Ergebnisse wenig von jenen verschieden sind, welche ich bei meinem brauchbarsten und ruhigsten Versuchsthiere beobachtet habe.

In der älteren Literatur, bei *Pettenkofer* und *Voit* habe ich eine einzige Reihe gefunden, die man für die vorliegende Frage verwenden könnte, nämlich Versuche, welche in längerer Periode bei gleichbleibender, aber offenbar ungenügender Fütterung der Versuchshunde unter 500 *g* Fleisch ausgeführt worden sind.

Diese Fleischmenge repräsentirt kaum die Hälfte dessen, was das Thier nöthig gehabt hätte, wir haben es also mit protrahirter Inanition zu thun. Ich habe die Angaben von *Pettenkofer* und *Voit* mittelst meiner Standardzahl auf Energiewerthe umgerechnet (Tabelle 114).

Die Ergebnisse thun dar, dass bei wochenlanger Fettabgabe und bei einem recht bedeutenden N-Verlust, der am 29. Mai noch nicht abgeglichen war (es kam statt 17·0 *g* N in den Einnahmen, 19·2 in den Ausgaben), der relative Energieverbrauch absinkt, wie das Gewicht des Thieres von 34·4 auf 30 *kg* (circa 13%) abgenommen hat.

Als Gesammtergebniss lässt sich somit feststellen, dass bei durch akutem wie protrahirtem Hunger hervorgerufenen Aenderungen der Körpermasse, die Intensität der Wärmebildung wie diese Masse selbst abnimmt, wobei wir aber betonen,

Tabelle 114.

Versuche von *Pettenkofer* und *Voit.*[1]) 500 *g* Fleisch.
20. April bis 1. Juni 1863.

Tag	Gewicht	N ausgeschieden	C ausgeschieden	C aus Fett	Calorien aus Eiweiss	Calorien aus Fett	Summe	Mittel	Pro 1 *kg*
20. April	34·4	24·0	137·7	35·0	624	430	1054	1100	32·2
22. „	33·8	21·2	118·0	48·5	551	596	1147		
5. Mai	32·3	19·7	114·1	49·5	609	609	1121	1085	33·9
8. „	31·8	18·8	107·2	45·5	560	560	1049		
22. „	30·6	19·2	102·7	39·7	488	488	987	997	32·9
29. „	30·0	19·2	104·4	41·4	509	509	1008		

dass namentlich, was die extremsten Fälle anlangt, sowohl eine Beschleunigung als auch eine geringe Verzögerung des Abfalles beobachtet werden kann, ein Umstand, welcher auf die zahlreichen Einflüsse zurückgeführt werden muss, die wir speciell aufgeführt und kurzweg unter den Begriff der Individualität zusammengefasst haben.

Für Hungerthiere und solche, welche in ihrem Körperzustande variiren, für Ernährungszustände, bei denen eine Ueberschreitung des Nahrungsbedarfes nicht vorliegt, kann man also unbedenklich, und ohne wesentlichen Fehlern anheimzufallen, annehmen, dass der Energieumsatz der Masse proportional sei. Aber daraus kann man nicht den Schluss ziehen, dass generell nur die Masse des Thieres das Maass für den Energieumsatz sei.

Nicht das vorhandene Eiweiss an sich, noch das vorhandene Fett bestimmen die Grösse der Zersetzung, sondern die functionellen Anforderungen, welchen der ganze Organismus gerecht werden muss. Sie treten uns offen und klar in den Verschiedenheiten des Umsatzes bei der chemischen Regulation entgegen, wo fast die ganze Stufenleiter klimatischer Einflüsse durch ihre Wirkung paralysirt werden kann, sie sind aber auch sonst gegeben durch die bei einem zeitweise grossen Nahrungsumsatz nothwendigen Anpassungen des ganzen Organismus.

Wird mit Ausschaltung der Regulation das Hungerminimum erreicht, so haben wir es mit einer ständigen und unverändert bleibenden Thätigkeit der Zellen zu thun, welche durch die dem Körper eigenthümlichen und unveränderlichen Körperfunctionen gefordert wird, mit einer Arbeitsleistung, die der Grösse des Thieres angepasst ist.

Wenn von dieser Masse durch den Hungerzustand etwas weggenommen wird, so schwinden zu gleicher Zeit auch die von der übrigen Zellmasse zu leistenden Verpflichtungen in ähnlichem Maasse. Der Energieumsatz wird proportional zu der zu Verlust gehenden Wärme fallen.

[1]) Zeitschr. f. Biol., Bd. VII, S. 39.

Die Leistungen des Protoplasmas sind keine stationären, sondern eben functionelle; wenn ein Thier von 3 *kg* bei Ausschaltung der chemischen Regulation den Hungertod stirbt, so ist derselbe ein rapiderer im Vergleiche zu der Hungerzeit, welche dasselbe Thier im ausgewachsenen Zustande von 30 *kg* hätte durchmachen müssen. Aber im Zustande des Hungers und bei Kleinheit des Thieres entfallen auf dasselbe Protoplasma, welches später mit einem Drittel des Energieaufwandes hätte lebend bleiben können, andere unvermeidliche Leistungen.

Diese functionelle Anpassung entspricht den Gesammtleistungen des Organismus. Diese können aber bei gleicher Masse des Körpers auch variable sein. Wärmeverluste und Gewichtsänderungen, Aenderungen der Protoplasmamasse gehen gewiss häufig proportional aber als Regel, und nicht absolut gesetzmässig. Es sind immer nur gewisse Annäherungen, die freilich häufig genug einen hohen Grad von Genauigkeit erreichen.

Das Körpergewicht ist ja keine wahre biologische Einheit.

Im Hunger haben wir es mit einer mehr oder minder rapiden Aenderung der Körperzusammensetzung zu thun.

Bei einem Kaninchen, dessen Ausscheidungen während der ganzen Hungerzeit analysirt, und welches nach dem Tode auf N- und Fettgehalt untersucht wurde, konnte ich für jede Lebenszeit genau angeben, wie es zusammengesetzt war.[1]) Es hatte:

	N am Körper	Fett am Körper
3. bis 8. Tag	47·63	86·5
9. „ 15. „	41·37	31·9
16. „ 19. „	34·23	3·1

Doch ist diese Verschiebung der einzelnen Körperbestandtheile für den Energieumsatz weniger bedeutungsvoll als folgender Umstand. Die Fettverluste haben einen ganz anderen Einfluss auf den Verfall des Körpergewichtes als die Eiweissverluste mit ihrer fast zehnmal so grossen Wirkung.

Aber noch eine andere Betrachtung zeigt, dass wir nicht einfach die Organmasse als etwas Gleichbleibendes mit bestimmten Eigenschaften, die unveränderlich sind, betrachten können. Es ist richtig, wenn man an Stelle der unbestimmten Begriffe Körpergewicht, Organmasse, den N-Gehalt des Thieres speciell bei der Hungerzersetzung als Maass nimmt, eliminirt man manche der Ungleichheiten aus den Versuchsergebnissen. Aber der Erkenntniss etwaiger specifischer Leistungen der Zellenmasse rückt man auch dadurch nicht näher, wovon ich mich allmählich immer mehr überzeugt habe.

Es handelt sich dabei nicht etwa nur darum, dass in der N-Einheit bei abgemagerten Thieren verhältnissmässig mehr Knochen enthalten sind, ein Fehler, den *E. Voit* zu höchstens 15% im Maximum berechnet, sondern noch um andere Gesichtspunkte.

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. l. c. p. Bd. XVII, S. 225 und 231.

Neben dem eigentlichen lebenden Eiweiss findet sich das elastische Gewebe, Sarkolemm, Drüsenschläuche, Bindegewebe, Knorpel und Osseïn, Dinge, die sämmtlich an den Umsetzungen so gut wie unbetheiligt sein werden und nur bei Hunger zum Theile leiden dürften. Man schätzt bei dem Erwachsenen von 68·8 *kg* die Menge des bei 100° trockenen Eiweisses zu 6360·5 *g*, die des leimgebenden Gewebes zu 4170·8 = Summe 10538·3 *g*. Es mag dabei noch in Betracht gezogen werden, dass die Eiweissstoffe etwa mit 16·5, die Nichteiweissstoffe mit 17·1% N in Rechnung zu stellen sind, dann fänden sich von 100 Theilen N am Körper etwa 42·3% in den leimgebenden Substanzen.

Diese Relation muss aber offenbar eine schwankende sein. Denn die gute Fütterung verdickt und füllt die durch Hunger herabgekommenen Zellen und erzielt so einseitig eine Vermehrung der eiweissartigen Substanzen.

Eiweissansatz eines wachsenden Thieres bedingt nicht nur Ansatz von lebendem Eiweiss, sondern Bildung aller für den Körper nothwendigen Gerüstsubstanzen, des Bindegewebes, der Sehnen, der Knorpel, der Knochen u. s. w.; in der Wachsthumsperiode wird bald mehr, bald weniger von dem angesetzten N zu todtem Eiweiss der Gerüstsubstanzen.

Beim Erwachsenen wird bei dem Eiweissansatz kaum, wenn man nur von der Auffütterung durch Hunger hochgradig abgemagerter Thiere absieht, irgend ein nennenswerther Ansatz von todter Gerüstsubstanz eintreten, der Ansatz somit wesentlich als lebendes Protoplasma angesehen werden können.

Wenn wir demnach durch den Hunger sehr herabgekommene Thiere betrachten, so muss die Menge des Bindegewebes, was auch bei der Section auffällt, in ausserordentlich hohem Maasse an der „N-Menge" des Körpers betheiligt sein. Man müsste meines Erachtens einen ganz enormen Abfall der Wärmebildung finden, wenn diese allein nur von dem Bestande an lebendem Protoplasma abhängig wäre, zugegeben auch, dass die Schätzungen der Nichteiweissstoffe nach den vorliegenden Analysen nicht sehr exact sein mögen.

Ich muss hier auch an meine Untersuchungen, an dem normalen Knaben und an einem fettsüchtigen erinnern, bei welchen es sich aufs deutlichste herausgestellt hat, dass nicht die Organmasse allein die Grösse des Umsatzes bedingt, sondern dass auch das durch Fett repräsentirte Massenwachsthum den Energieumsatz ebenso steigert, als wenn das Massenwachsthum des Körpers in allgemein üblichen Normen erfolgt wäre.[1])

Man müsste also auch, wenn man den N am Körper als ein Maass des Energieumsatzes nimmt, ein sehr grosses Absinken der Wärmebildung finden, was offenbar der Erfahrung widerspricht. Da diese Wärmebildung eben nicht erheblich sich verringert, so müssen

---

[1]) *Rubner*, Ueber die Ernährung im Knabenalter. Berlin 1902.

offenbar functionelle Anpassungen vorhanden sein und die hinterbleibende, immer mehr sich verringernde lebende Zellmasse (im engeren Sinne) muss lebhaft thätiger sein als wir glauben, um das zu ersetzen, was an „arbeitskräftigem Material" im Laufe der Hungerzeit eingebüsst worden ist.

Hat nach dem Gesagten das Eiweiss am Körper auch keinen für sich allein ausschlaggebenden Einfluss auf die Grösse des Energieverbrauches, so lassen sich doch viele Stoffwechselvorgänge im Hunger wie bei Fütterung bequemer und genauer darstellen, wenn man sich für manche Fragen des am Körper abgelagerten N an Stelle des Körpergewichtes als Vergleichsmaass bedient.

Im Grossen und Ganzen spiegeln sich natürlich alle Verhältnisse, die man in dieser Weise betrachtet, auch in dem Körpergewichte wieder. Wegen des grossen Volums, welches die einschmelzende Organmasse (im Hunger) einnimmt, nimmt der Eiweisszerfall immer eine bestimmende Stellung für die Körpergewichtsabnahme an. Das Aeussere Ansehen eines Thieres, das von „Fleisch fällt", ist immer schlechter als das eines wesentlich Fett zuschiessenden Thieres. Aber der verschiedene Wassergehalt der Thiere kann die aus dem Körpergewichte gezogenen Schlüsse trüben, ebenso schliesslich die aus ungleicher Zusammensetzung der Körpersubstanz resultirenden ungleichen Gewichtsabnahmen. Man kann daher manchmal genöthigt sein, von der Körpergewichtseinheit abzusehen.

Nachdem wir die allgemeinen Verhältnisse bei hungernden Thieren geschildert haben, wollen wir versuchen, in analoger Weise, wie beim Wachsthumsgesetz, hier für den Körpersubstanzverlust die Beziehungen zwischen den Aenderungen der N-Masse und der Wärmebildung festzusetzen.

Ein derartiges Verfahren habe ich zuerst bei hungernden Kaninchen angewandt.

Bei Hungerkaninchen habe ich am Ende der Reihe die ganzen Thiere analysirt und zu dem Endgehalte an N die täglich zu Verlust gegangenen N-Mengen addirt und so das Thier gewissermaassen reconstruirt, so dass für die Rechnung für jeden Tag der „N-Bestand" angegeben und die Zersetzung darauf bezogen werden konnte. Diese Berechnungsweise hat gezeigt, wie ausserordentlich gleichmässig der thierische Organismus im Hunger seine Vorräthe zersetzt. Dieses Kraftwechselmaass ist freilich nur ein individuelles und gilt nicht für ungleich grosse Thiere.

Die Versuche sind die einzigen, bei welchen der gesammte N-Gehalt direct bestimmt und nicht etwa nur berechnet ist. Ich will daher deren Resultate voranschicken. Ich habe jedesmal den mittleren N-Gehalt des Thieres mit einen Respirationsversuch zu Beginn der Reihe und die gleichen mittleren Werthe für den letzten vor dem Tode ausgeführten Versuch berechnet und die Wärmemengen dieser Tage verglichen.

Am exactesten lässt sich die Beziehung zwischen N-Verlust und Energieumsatz bei zwei Kaninchen, die oben S. 273 in ihrem Hungerverlauf näher beschrieben sind, angeben.

Bei Kaninchen II hatte sich der mittlere Stickstoffbestand vom 2. bis 8. Tage geändert von 53·4 *g* N auf 39·7, also abgenommen um 25·6%. Die Wärmebildung war abgesunken von 141·8 Cal. auf 109·9, d. h. um 22·5% und in umgekehrter Reihenfolge berechnet, nimmt die N-Menge zu um 100 : 134·5 und die Wärme von 100 : 129·0

für 1% Sinken des N-Bestandes ein Sinken der Wärmebildung von 0·88%
„ 1% Steigen „ „ „ Steigen „ „ „ 0·84%

in analoger Weise für den längeren Versuch von Kaninchen III.

Mittlerer Bestand des 5. Tages 47·2 *g* N, der des 18. Tages 29·7, demnach Abnahme 37·1%. Die Wärmebildung sank von 109·0 auf 76·6 Cal., also um 29·7%, und für die Rechnung in umgekehrter Folge: Es stieg die N-Menge von 100 : 158·9 und die Wärmeproduction von 100 : 142·3, sonach für 1% Minderung des N-Bestandes sank die Wärmeproduction um 0·80% und für 1% Steigerung des N-Bestandes stieg die Wärmeproduction um 0·72%,

sonach beide Werthe für die Minderung $\left.\begin{matrix}0{\cdot}88\\0{\cdot}80\end{matrix}\right\}$ 0·84%

„ „ „ „ „ Steigerung $\left.\begin{matrix}0{\cdot}84\\0{\cdot}72\end{matrix}\right\}$ 0·78%

Unter gewissen Voraussetzungen lassen sich noch folgende Versuche am Hunde benützen. Es sind zwei verschiedene grosse Thiere ausgewählt, an deren einem ein Versuch mit länger dauerndem Eiweisshunger (16 Tage) mit ununterbrochenen Respirationsversuchen durchgeführt wurde.

Als zweiter Vergleich wurden die Experimente gewählt, welche ich an einem grossen Hunde bei verschiedenartigem Ernährungszustande ausgeführt habe. In diesem Falle lagen also zwischen den einzelnen Experimenten immer eine Reihe von Versuchstagen mit Nahrungszufuhr.

Wenn wir annehmen, wir hätten zwei verschieden grosse Thiere zum Vergleich, so würde die Körpergewichtsabnahme bei beiden insoferne verschieden sein, dass das kleine z. B. einen dreimal so schnellen Verlust erleiden kann wie ein grosses.

Ceteris paribus nimmt dann der N-Bestand bei dem einen auch dreimal so schnell ab wie bei dem anderen; dem Organzerfall entsprechend sinkt dann bei beiden die Oberfläche, bei beiden wird sie am Ende der Hungerreihe so weit sinken, als etwa der Gewichtsverminderung um die Hälfte entspricht. (*Chossat*'s Gesetz.) Sonach müssten Abnahme der N-Menge des Thieres in Procenten und die relative Aenderung der Wärmebildung unabhängig von der Grösse der Thiere sein.

Da bis jetzt ein länger dauernder Hungerversuch am Hunde, bei welchem der Kraftwechsel eingehend von Tag zu Tag gemessen worden ist, in der Literatur nicht vorliegt, mag nachstehende 16tägige Versuchsreihe mitgetheilt sein.

Tabelle 115.

Kost	Gewicht im Mittel	N-Menge am Körper	N-Umsatz	Fett-C	Calorien aus Eiweiss	Calorien aus Fett	Summe der Calorien	Temperatur
0	9·05	267·4	4·38	38·8	109·1	477·5	586·6	19 2
0	8·83	263·9	3·04	36·1	75·7	444·0	520·1	20·9
0	8·68	261·2	3·21	38·2	79·9	470·2	550·0	20·2
0	8·53	258·0	3·21	34·5	79·9	424·7	504·6	21·0
40 *g* Fett	8·32	252·0	4·42	36·1	100·0	444·4	544·4	17·6
60 *g* „	8·14	250·0	3·32	35 2	82·7	433·3	516·6	19·5
60 *g* „	8·10	247·5	3·17	37·7	78·9	464·0	542·9	18·6
100 *g* „	8·25	244·4	3·24	37·5	80·7	461·6	540·3	22·0
98 *g* „	8·23	241·7	2.48	36·7	61·8	451·8	513·6	19·0
0	8·11	239·2	2·68	36·1	66·7	444·4	511·1	19·0
0	7·96	236·7	2·56	32 5	63·7	400·0	463·8	19·0
0	7·82	234 3	2 68	29·0	66 7	357·1	423·0	23·0
0	7·78	231·5	3·14	28·8	78·2	354 5	432·7	21 7
0	7·75	228·5	3·17	26·1	78·9	321·3	400·2	23·0
0	7·62	225 2	3·66	24·6	91·1	303·0	394·1	24·8
0	7·49	221·4	4·39	23·6	109·3	270·5	379·8	22·6

Das Thier W. hungerte nach einer kleinen Fleischgabe vier Tage; dann erhielt es zuerst eine kleine, dann an zwei Tagen eine den Bedarf eben deckende Fettmenge, und weiter an zwei Tagen eine etwas überschüssige Kost, die aber, weil aus Fett bestehend, einen Einfluss auf den Wärmehaushalt kaum gehabt haben dürfte. Daran schloss sich eine weitere Woche Hunger. Das Thier verfiel sichtlich und hatte am 16. Tage eine schlotterige, faltige Haut. Die in den letzten drei Tagen steigende N-Menge zeigte, dass der Fettvorrath im Versiegen war. Zu Anfang der Reihe deckte das Thier seinen Bedarf zu 14 bis 15% aus Organeiweiss, welche Quote an den letzten Tagen auf über 30% gestiegen war. Das Fett hat nur den Körpergewichtsverfall um weniges gehemmt, auf die folgenden Tage keinen Einfluss geübt. Die mühevolle Reihe ist nur durch einen Umstand etwas getrübt, als die schlechte Heizeinrichtung des Versuchszimmers die Temperaturregulirung sehr erschwerte und gerade in die Versuchszeit sehr kalte Tage fielen. Indes kann der Einfluss ungleicher Temperatur insoferne eliminirt werden, als dieses Thier auf kleine Temperaturintervalle so reagirte, dass pro 1^0 + die Wärmebildung um 2·9% sank und pro 1^0 Absinken um 3·3% stieg.

Der Hund ist bei diesem Versuch nicht zugrunde gegangen, sein wahrer N-Gehalt ist demnach nicht so wie bei den Kaninchen

auf das genaueste anzugeben, aber ich glaube wenigstens genügend genau.

Zur Berechnung des N-Gehaltes der Thiere, deren N-Veränderung betrachtet werden soll, stehen mir zwar keine Analysen am Hunde, wohl aber für das Kaninchen zu Gebote. Ich habe zwei kräftige Thiere, ein deutsches Kaninchen und einen kräftigen Lapins, getödtet und die nach dem Abziehen des Felles verbleibende Masse zerkleinert, die Trockenbestimmung hiervon gemacht, die übrige Masse annähernd getrocknet, dann mit Aether zu drei Viertel vom Fett befreit, nun ganz fein zu Staub gepulvert und davon die definitiven Analysen ausgeführt (Fett, N, Asche).

Im Mittel fand sich pro 1 *kg* Thier (frisch):

I. Trockensubstanz	330, Fett	80, Stickstoff	32·0, Asche	51·2
II. „	305, „	83, „	26·2, „	45·9
im Mittel	317	81	29·1	48·5

Im Hungerzustande ändert sich die Zusammensetzung des Körpers allmählich und wie ich bei den verhungerten Thieren gesehen habe, fällt pro 1 *kg* Lebendgewicht der N-Gehalt sehr wesentlich, so dass ich denselben nach meinen Versuchen nur zu 20·8 pro 1 *kg* berechnen kann.

Im vorliegenden Falle kann es zweifelhaft sein, wie man wohl den N-Gehalt am richtigsten bemessen wird. Man könnte den Anfangsbestand nach den Normalkaninchen entnehmen und die gefundenen N-Verluste abziehen, oder umgekehrt annehmen, dass für das Ende der Reihe jedenfalls ein dem Hungertode nahes Thier vorlag; dieser Fall scheint mir der zutreffende.

Am letzten Versuchstage hatte der Hund bei 7·39 *kg* Gewicht (7·39 × 20·8) = 211·3 *g* N am Körper als Bestand.

Zu diesem Werthe werden die mit Harn und Koth ausgeschiedenen N-Mengen addirt und für die einzelnen Zeiten der mittlere N-Gehalt construirt.

Zur Berechnung wähle ich das Mittel aus dem 2., 3., 4. Tage und dem 15. und 16. Tage, letztere nach Ausgleich der Zahlen wegen der zu hohen Temperatur, dann hat man: Der N-Bestand ist am 15. und 16. Tage 221 *g*, am 2., 3., 4. aber 257 *g*, im letzteren Falle mehr um 16·3%. Die absolute Wärmebildung am 15. und 16. Tage = 444·3 Cal. (corrig.) und am 2., 3., 4. Tage 528·4 Cal., mehr 18·9%.

Für 1% Aenderung des N-Bestandes (Zunahme 16·3%) muss man demnach 1·16% Wärmebildung (18·9%) als Zuwachs rechnen, oder für den N-Verlust gerechnet:

1% Abnahme des N-Gehaltes (— 14·1%) nimmt die Wärmebildung ab um 1·13% (— 15·0%).

Diese Zahlen sind keine Constanten in dem Sinne, dass sie bei verschiedenen Thieren absolut keinen Veränderungen unterliegen, aber die Abweichungen werden keine irgendwie erheblichen sein. Es scheint

sogar, dass man bei verschiedenen Thierspecies sehr ähnliche Werthe erhält.

Hier liegt also ein Fall vor, bei welchem der Energieabfall etwas rascher ist als die Massenverminderung.

An dem Resultate der Berechnung wird wenig geändert, wenn man von der Zusammensetzung eines „Normalthieres" ausgeht und die Reihe, auch mit Beibehaltung des niedrigen Stickstoffgehaltes, für das fettarme Thier in anderer Richtung ableitet.

An einem grossen Hunde von 20 bis 25 *kg* habe ich im Laufe mehrerer Jahre 22 Respirationsversuche ausgeführt. Der Hund zeigte

bei	20·3 *kg*	Lebendgewicht	pro	1 *kg*	37·1 Cal.
„	23·5 *kg*	„	„	1 *kg*	40·1 „
„	25·5 *kg*	„	„	1 *kg*	37·0 „
„	24·2 *kg*	„	„	1 *kg*	37·3 „
„	26·2 *kg*	„	„	1 *kg*	37·3 „

Das letztere Gewicht wurde bei vorzüglichem Ernährungszustande erreicht. Das Thier hätte nach dem *Chossat*'schen Gesetze annähernd 12 bis 13 *kg* bis zum Hungertode abgeben können. Bei 20·3 *kg* Gewicht hat es annähernd die Hälfte der maximalsten Abmagerung erfahren. Wir haben für die Aenderung der Wärmebildung:

26·2 *kg*	= 976·9 Cal.	= 100	
20·3 *kg*	= 422·2 „	= 75·3	(= −24·7%)

Für den N:

26·2 *kg*	(26·2 × 2·91)	= 762·4	= 100
20·3 *kg*	(20·3 × 2·50)	= 547·5	= 71·9 (− 28·1)[1])

Somit

für 1% Fallen des N-Bestandes ein Sinken der Wärmebildung von — 1·14
„ 1% Steigen „ „ eine Zunahme „ „ „ + 1·18

Für die beiden Hunde:

für 1% Fallen des N-Bestandes ein Sinken der Wärmebildung $\left.\begin{matrix}1{\cdot}13\\1{\cdot}14\end{matrix}\right\}$ 1·13

„ 1% Steigen „ „ eine Zunahme „ „ $\left.\begin{matrix}1{\cdot}16\\1{\cdot}18\end{matrix}\right\}$ 1·17

	Kaninchen	Hund
Für die Steigerung	0·78	1·17
„ „ Minderung	0·84	1·13

Die Schwankungen im N-Gehalt würden demnach beim Kaninchen im Hungerzustande weniger die Wärmebildung beeinflussen als bei den Hunden. Aus den wenigen Zahlen will ich aber keine weittragenden Schlüsse ziehen.

---

[1]) Anfang 2·91% N = Ende 2·08% N = } 2·50.

Möglich, dass hier principielle Verschiedenheiten zwischen Hund und Kaninchen vorliegen, welch letzteres neben der dichten Haarbedeckung vielleicht in seiner Kleinheit und dem relativen Uebergewicht des Felles einen gewissen Schutz besitzt. Indes diese Entscheidung kann anderen Untersuchungen überlassen bleiben. Für 1% N-Abnahme fanden wir beim Wachsthumsgesetz 0·74, hier für die gleichen Werthe 0·84 bis 1·13.

Doch ist ein solcher Vergleich gerade hier zwischen Hunger- und normalen Thieren ungleicher Grösse nicht recht am Platze, da ja, wie früher gesagt, der Hungerzustand für sich behandelt werden muss.

c) Ansatz von N bei überreicher Kost und seine Wirkung.

Nachdem wir das Wachsthumsgesetz und die Art der Wärmebildung bei Hunger im Verhältniss zu den Variationen des N-Bestandes erörtert haben, erübrigt noch die Betrachtung derjenigen Fälle von abundanter Eiweissfütterung, bei welchen der N-Ansatz eine Steigerung der Wärmebildung begleitet, welche über das Maass der Massenveränderung des Körpers hinausgeht.

Wir wollen auch dabei zunächst wenigstens von der Anschauung ausgehen, als wenn der N-Ansatz die wirkende Ursache für die Mehrung des Energieumsatzes sei. Er könnte ja freilich auch nur die Begleiterscheinung dieses Ereignisses sein. Doch wird vorläufig die erstere Anschauung allgemein als die zutreffendere angesehen werden.

In den nachfolgenden zu vergleichenden Reihen handelt es sich durchwegs um solche Experimente, bei welchen nach Hunger reichlich Eiweiss und Fleisch gereicht wurde, wobei es einerseits sofort zu einer erheblichen Wärmebildung kam, und dann bei fortgesetzter Darreichung der Nahrung zu secundärer Wärmebildung. Da diese letztere unmöglich als eine directe Wirkung der Nahrung aufgefasst werden kann, so bleibt nichts übrig, als sie in einen Zusammenhang mit der Körperveränderung durch Ansatz zu bringen. In diesem Sinne soll N-Ansatz und Mehrung der Wärmebildung über das Maass des ersten Ansteigens der Wärmeerzeugung durch Nahrungsaufnahme hinaus verglichen werden.

Zur Schätzung dieser Wirkung stehen drei Reihen zur Verfügung. Im Allgemeinen ist das hier verwendbare Material gering; denn die Experimente leiden an der Schwierigkeit, recht grosse N-Ansätze zu Wege zu bringen. Speciell aber mit Eiweissfütterung ist man schnell an die möglichen Grenzen gekommen, weil die Thiere grosse Ueberschüsse nicht aufnehmen, wenigstens nicht für mehrere Tage. Damit ergibt sich schon, dass die praktische Tragweite solcher Experimente überhaupt sehr gering ist, selbst für den Fleischfresser.

Die Veränderungen der Wärmeproduction sind auch nicht so mächtig wie die primären, in dem Gegensatze von Hunger und Nahrungszufuhr, und werden gewiss mehrfach durch die zufälligen Schwankungen der Wärmeproduction, wie sie uns überall entgegentreten, zum Theile

verdeckt. Aber über die Thatsache einer solchen secundären Wirkung der Eiweissnahrung, die sichtlich überall zum Ausgleich und Gleichgewicht Veranlassung gibt, kann kein Zweifel sein, auch nicht über den Umstand, dass ein nachhaltender N-Ansatz überall, auch bei den grössten Eiweissgaben, fehlt. Gerade bei diesen ist eigentlich die rapide Einstellung des Organismus auf die grosse Nahrungszufuhr recht überraschend.

So sind also die Perioden, welche über diese Beziehungen zwischen N-Ansatz und Wärmesteigerung Aufschluss geben, sehr kurze. In den ersten beiden Tagen einer Nahrungszufuhr bleibt auch meist der erste niedriger an Wärmeumsatz als der zweite; doch scheint mir discussionsfähig, ob man es hier bereits mit einer reinen Wirkung des N-Ansatzes auf die Wärmebildung zu thun hat, und nicht etwa mit dem Umstande, dass — wenigstens bei sehr grossen Mengen von Eiweisszufuhr — auch in der Verdauung, also der primären Wirkung, mitunter erst am zweiten Tage der volle Werth erreicht wird.

Weiter kann der N-Ansatz vielleicht zeitlich verschieden in der Wirkung sein; dass jeder im Körper verbleibende N ohneweiters solche Wirkung habe, ist ganz ausgeschlossen, aber die Rechnung, von welchem Zeitpunkte an man sich ihn als „wirksam'' zu denken habe, ist auch noch nicht näher zu begründen. Um nicht rechnerische Ungleichheiten in die Sache hineinzutragen, nehme ich die Unterschiede im N-Ansatz wie bei den Hungerversuchen vom ersten bis zum letzten Tage der Reihen.

I.

Eine Reihe mit dem 3·7 *kg* schweren Hunde (Cap. 6, S. 107) bei 320 *g* Fleisch lässt sehen, dass innerhalb sechs Tagen (der letzte Tag des Ansatzes bleibt ausser Rechnung, da sich die Wirkung dieses Ansatzes kaum ausprägen wird) 7·66 *g* N angesetzt wurden.

Bei 3·7 *kg* Gewicht war das Thier bei mittlerer Ernährung; nehme ich 2·5% N demgemäss an, so war der Gesammtbestand 92·5 und stieg auf 100·2, demnach um 8·4%, während die Wärmebildung[1]) von 286·1 auf 352·0 Cal. stieg, also um 23·0%; für 1% Zunahme an N also 2·77% mehr an Wärme, während ohne überschüssige Kost nur 1·1% mehr erzielt wurde.

Für diesen Hund liegt auch eine fünftägige Hungerreihe vor, bei welcher direct calorimetrisch und indirect durch die Stoffwechseluntersuchung die Wärmebildung bestimmt wurde. Das Thier verlor

---

[1]) Die Zahlen sind: Hunger 221 Cal.

320 *g* Fleisch 281·7, 290·6 } 286·1
330·4
343·9
346·7
344·9, 359·1 } 352·0

7·12 *g* N bei einem mittleren Körpergewicht von 4·48 *kg*,[1]) bei 1 *kg* 1·59 *g* N. Demnach Aenderung des Bestandes 29·1 N : 30·69 = + 5·5% und Wärmebildung 250·3 Cal. im Mittel : 277·6 = + 6·6%. Freilich ist bei den kleinen Differenzen die Sicherheit nicht sehr gross, mit der man die Wirkung des Organbestandes findet, immerhin scheint die Zahl rund 1·10% Calorienänderung pro 1% Aenderung des Organbestandes, ein Beweis, dass bei dem Hunde Verhältnisse vorliegen, die an die oben erwähnten Zahlen aus längeren Reihen erinnern.

II.

Eine zweite für die vorliegenden Betrachtungen geeignete Versuchsreihe habe ich an dem 6 *kg* schweren Hund D. durchgeführt (s. o. S. 246). Der Hund hatte einen ganz erheblichen Nahrungsüberschuss an Fleisch erhalten.

Sein Körperzustand war ein mittlerer; schätzt man seinen N-Gehalt auf 25·0 pro 1 *kg*, so wäre der Bestand = 150 gewesen, der sich durch 12·4 *g* N-Ansatz auf 162·4 *g* N verbesserte, also um 8·3%. Die Wärmebildung nahm nach dem ersten Fütterungstage von 322·5 Cal. auf 385·6 zu = + 19·5.

Somit kommt auf 8·3% N mehr 19·5% Wärme als Zuwachs pro 1% N = + 2·35% Wärme.

III.

Bei dem grossen 25·7 *kg* schweren Hunde, der nahezu sein grösstes beobachtetes Gewicht erreicht hatte (s. o. physik. Regulation S. 157), wurde in vier Tagen 12·33 N angesetzt.

Sein Bestand 743·8 N (25·7 × 2·91) nahm zu auf 756·1, also um 1·6% und die Wärme stieg von 1194 Cal. auf 1282 = 7·40%; pro 1% um 4·6%. Hier ist aber bei der Kleinheit der Werthe die Berechnung recht unsicher, doch würde man für einen N-Gehalt von 20·8 pro 1 *kg* doch noch immer 3·4% Wärmezuwachs finden.

Lässt man auch nur die Werthe I und II als bessere gelten, so würde immerhin pro 1 *g* N-Ansatz etwa 2·6% Wärmesteigerung sich berechnen.

---

[1]) Ein sehr guter Ernährungszustand.
Die Zahlen sind: Hunger 294·3 Cal. pro Tag

500 *g* Fleisch	311·4	322·5
	333·8	
	368·4	
	361·7	
	375·5	385 6
	395·8	
Die Werthe sind folgende:	1170·3	1193·9
	1217·6	
	1274·1	1282·4
	1290·7	

Jedenfalls steht damit so viel fest, dass der Organzuwachs bei überschüssiger Eiweiss- oder Fleischkost, oder allgemeiner gesagt, der N-Ansatz mit einer erheblichen Mehrung der Wärmebildung Hand in Hand geht. Alle drei ausgewählten Fälle unterscheiden sich vom Hungerzustande oder einer sonstigen Erhaltungsdiät durch den erheblichen Nahrungsüberschuss,

indem bei	I[1])	der	Nahrungsüberschuss	betrug	+ 39·5%
„ „	II	„	„	„	+ 39·4%
„ „	III	„	„	„	+ 55·5%

Es war also in den gedachten Fällen nicht nur ein Ansatz von N vorhanden, sondern zu gleicher Zeit und im Allgemeinen ein Ueberschuss der Kost.

Die ältere Literatur bietet keine Anhaltspunkte, um vergleichend zu prüfen, inwieweit andere Autoren ein ähnliches Ergebniss zu verzeichnen hatten. Auch so weit Untersuchungen mit ähnlichen Methoden vorliegen, hat man meist keine Versuchsbedingungen eingehalten, welche glattweg eine directe Ableitung der uns interessirenden Grösse erlaubten.

Dieser den steigenden Energieumsatz begleitende N-Ansatz findet sich also nur unter ganz bestimmten, näher angegebenen Ernährungsverhältnissen. Dass diese beiden Erscheinungen, der N-Ansatz und die secundäre Wärmesteigerung, nur zufällige Erscheinungen seien, wird man nicht wohl annehmen, wenn man die grosse Anzahl von Beispielen sieht, die ich im vorigen Capitel dafür erbracht habe. Ständen beide Erscheinungen nicht im Zusammenhange, würden vielmehr durch die Nahrung aus inneren Gründen nach erlangtem N-Gleichgewichte noch andere functionelle Anforderungen gestellt, so müsste eben durch eine Mehrzersetzung von Fett das Fehlende ergänzt werden, was sich aber nirgendswo gezeigt hat. Mit erlangtem N-Gleichgewichte stellt sich auch die Steigerung der Wärmebildung definitiv ein.

Wenn man die für drei verschiedene Formen der N-Mehrung des Körpers erhaltenen Zahlen mit Bezug auf die Aenderung des Energieumsatzes vergleicht, so haben wir erhalten als Mehrung:

beim Wachsthumsgesetz	+ 0·6%
Hunger	0·8—1·1
für den Ansatz bei überreicher Kost . .	2·6

Demnach führt die mit dem N-Ansatz einhergehende Wärmemehrung bei überreicher Kost zu einem raschen Ausgleich und bildet ein Hinderniss excessiver Eiweissablagerung und einer Eiweissmast überhaupt. Dagegen fehlen diese Wirkungen des Eiweissansatzes dort, wo es sich nur um eine Erhaltung des Individuums handelt. Worin

---

[1]) Hungerverbrauch pro 1 *kg*: I 57·5 Cal.
II 49·7 „
III 35·8 „

der Werth eines solchen regulirenden Einflusses zu suchen ist, liegt nicht völlig klar. Er erstreckt sich aber nicht nur auf die gewaltige Eiweissablagerung bei reiner Eiweisskost, sondern auch auf die bei gemischter Kost gegebene Mehrung an Eiweiss, falls erstere eben auch eine das Maass des Bedarfes überschreitende ist. Dabei kann also Fett in die Mehrzersetzung hineinbezogen werden.

Wenn wir im Vorhergehenden länger von den Wirkungen der N-Mehrung[1]) oder Minderung gesprochen haben, so wollen wir dies nicht im Gegensatze zu unseren früher gegebenen Anschauungen aussprechen, vielmehr gedachten wir auf dem Wege dieser Betrachtung wenigstens ein relatives Maass für die ungleiche Wirkung des Eiweissansatzes bei Ueberernährung zu gewinnen, was auch wenigstens annähernd gelungen ist. Im Uebrigen suchen wir das Bestimmende in den quantitativen Leistungen des Körpers, bezüglich des Energieumsatzes in den unter verschiedenen Umständen geforderten functionellen Aenderungen.

Es ist wünschenswerth, dieser auffallenden secundären Wirkung der Nahrungsaufnahme nachzugehen, ja man könnte von vorneherein geradezu die Frage aufwerfen, ob es denn überhaupt eine primäre Wirkung der Nahrungsaufnahme gäbe und ob nicht das, was wir als eine solche aufgefasst haben, überhaupt nur eine Wirkung des am ersten Tage verfolgten N-Ansatzes war.

Bei den grossen Nahrungsmengen, welche ich verabreichte, kommen in der That von einem Tag zum anderen Veränderungen im N-Bestande von 5·2, 4·5, 3·2% des Bestandes, und natürlich diese grossen Zahlen gerade an den ersten Tagen, vor. Man hat aber doch von der secundären Nahrungswirkung, wenn man die Versuche aufmerksam betrachtet, den Eindruck, als wenn diese Wirkung etwas nachhinkte, indes die primäre überall sofort scharf in die Erscheinung tritt.

Da man aber auch am ersten Tage unmöglich annehmen könnte, dass der zum Ansatz gelangte N voll seine Wirkung entfalte, sondern im Laufe des Tages nur allmählich sich eine solche ausbildet, so würde die mittlere Wirkung einer Mehrung von 2·6% N-Anwachs entsprechen. Wenn sich also eine Mehrung des N von 100 auf 102·6 ergäbe, so würde die Wärmemenge auf 106·7 steigen können. Auf gleiches Maass bezogen (also Eliminirung des Anwuchses an sich) würde sich rund die Mehrung auf höchstens 3·8% stellen können. Für 2·6% N-Anwuchs wären auch bei normalem Anwuchs $2{\cdot}6 \times 1{\cdot}1 = 2{\cdot}9\%$ Zuwachs zu erwarten, also $\frac{106{\cdot}7}{102{\cdot}9} = +3{\cdot}8\%$.

---

[1]) Der N-Ansatz ist in den drei gewählten typischen Fällen etwas verschieden und beim Wachsthum besteht ein erheblicher Theil des Anwuchses aus Gewebssubstanzen, bei den Schwankungen des Ausgewachsenen wesentlich aus der werthvolleren Organmasse in engerem Sinne. Es wäre auch zu erwägen, inwieweit der N-Ansatz selbst nur aus Eiweiss, oder etwa auch aus Extractivstoffen besteht.

Wir werden später beweisen, dass aber nicht einmal eine solche Einwirkung vorzuliegen braucht.

Wie ist aber dieser secundäre Wärmezuwachs bei zunehmendem Eiweissansatz zu erklären.

Nach der älteren stofflichen Auffassung würde man sagen, die reichliche Eiweissmenge hat durch das reichliche Angebot an Nahrungsstoffen die Wärmeerzeugung vermehrt. Ich habe schon öfter hervorgehoben, dass eine solche Anschauung keineswegs in vollem Umfange haltbar ist. Derselbe Ueberschuss wirkt bei verschiedenen Temperaturen ganz verschieden, die Menge der Nahrungszufuhr ist von Tag zu Tag verschieden und doch die Wärmebildung ungleich und steigend. Der Ueberschuss einer Nahrung über den Bedarf, z. B. bei Eiweiss, mehrt durchaus nicht mit Nothwendigkeit die Verbrennung. Fette und Kohlehydrate lassen die Mehrung der Zersetzung oft ganz vermissen.

Dieser Weg der Erklärung ist also nicht gangbar und nicht richtig.

Der Umstand, dass man bei dem nämlichen Thier bei wechselndem Körpergewicht im Hungerzustande keine Unterschiede im Energieumsatze findet, welche im Sinne einer starken Steigerung des Energieverbrauches bei guter Ernährung aufzufassen sind, gibt den Beweis, dass die Wirkung des N-Ansatzes nur in der Periode der vermehrten Nahrungszufuhr, nicht aber in der Nachperiode der Nahrungszufuhr sich geltend machen kann. Dies steht im Einklang mit den Beobachtungen meinerseits, dass die Hungertage vor und nach einer abundanten Fütterung im Gesammtdurchschnitt wenig verschieden sind.

Das nach Eiweisszufuhr bei abundanter Nahrungszufuhr eintretende Massenwachsthum kann kein anderes sein, als das Wachsthum mit kleiner Eiweissmenge, welche nicht zur überschüssigen Wärmebildung führt, d. h. über das Maass der primären Nahrungswirkung hinaus. Wenigstens liegen keine Anhaltspunkte dafür vor. Die Eiweisszufuhr begleitet eine Mehrung der circulirenden Eiweissstoffe im Körper. Sowie bei Fett und Kohlehydrat die ganze Säftemasse von diesen Stoffen durchtränkt wird, gelangt bei Eiweisszufuhr dessen Fluth durch den ganzen Körper hindurch, die anderen Moleküle aus dem Umsatz verdrängend.

Mit Minderung der Eiweisszufuhr verschwinden diese nicht organisirten Nahrungsvorräthe aus dem Blute und den Säften zum Theile.

Der Unterschied muss in functioneller Aenderung gesucht werden. Als solche zeigen sich äusserlich die Zunahme der Athemfrequenz, manchmal kleine Temperaturzuwüchse, Mehrung der Harnsecretion, vermehrte Wärmeverluste durch die Haut durch eine grössere Blutfülle. Bezüglich des letzteren Punktes haben wir schon oben bestimmtere Angaben gemacht.

Die Mehrung der Blutmenge kann über das Maass hinausgehen, welches bei mässiger Nahrungszufuhr vorhanden ist, weil der überreichliche Eiweissvorrath eine solche Anreicherung gestattet. So lange

N angesetzt wird, würde sich also eine solche Mehrung der Säftemasse vollziehen und einen Theil dieses N-Ansatzes ausmachen.

Die ganze Blutmenge würde einer regen Herz- und Nierenthätigkeit entsprechen müssen, die mit dem steigenden Eiweissumsatz zunehmen könnte.

Wenn anfänglich die Anreicherung mit Säftemasse mehr Blut nach der Haut bringt, so steigt, wie wir gesehen haben, der Wärmeverlust durch Strahlung und Leitung. So könnte bei Temperaturen unter 37° zum Theile ein neuer Abweg für die Wärme geschaffen werden, der im Gebiete der physikalischen Regulation, in dem sich die überschüssig gefütterten Thiere befinden, allerdings zunächst nur eine Erleichterung der Entwärmung bedeutet.

Hat aber die Füllung der Hautgefässe ihren maximalsten Grad erreicht, so müsste, weil ja der Ansatz und die Gewichtszunahme damit noch nicht ihr Ende erreicht zu haben braucht, die Wasserverdunstung, wie wir dies mehrfach gesehen haben, als Mittel der Entwärmung benützt werden. Diese Arbeit, die bei der Oekonomie des Organismus im Hunger und Ernährungsgleichgewicht bei kleiner Nahrungsmenge compensatorisch eingespart werden kann, tritt hier voll in die Erscheinung. Vielleicht liegt gerade darin, dass in dem reich mit Eiweiss versorgten Organismus die Blutmenge sehr reichlich ist, ein Grund für das Fehlen von compensirenden Wirkungen. Für gewöhnlich muss man ja annehmen, dass solch compensirendes Arbeiten im Organismus durch die Verschiebung des Blutstromes vermittelt werden. Wenn jedoch die Menge an Blut grösser wird, könnte wohl bei geeigneter Herzthätigkeit ein solches Mehr an Wärmeproduction einer geringeren Compensirung, beziehungsweise einer höheren Leistungsfähigkeit des Körpers entsprechen. Es treten also dann Arbeitsleistungen, die sonst im Gesammtkraftwechsel gar nicht fühlbar sind, in den Vordergrund.

In seltenen Fällen kann mit steigender Eiweisszersetzung und Wärmebildung wohl auch ein geringer Grad von Wärmestauung sich ausbilden, worauf ich jedoch nicht weiter eingehen will.

Auf die Möglichkeit, dass ein einseitiger Eiweissansatz in den Drüsen erfolgen könne und deren Reactionswirkung steigere, will ich nicht weiter zurückkommen, mir scheinen vielmehr die anderen mit der Blutfülle einhergehenden Aenderungen, die ich oben näher beschrieben habe, nicht ungeeignet, die secundäre Wirkung zu erklären.

Diese letztere fehlt natürlich überall, wo kein wahrer und erheblicher Ueberschuss an eiweissartigem Ernährungsmaterial vorhanden ist.

Es liegt mir ferne, auf eine Reihe von Fragen, die man hier noch anknüpfen könnte, näher einzugehen, wie auf die nähere Bestimmung des Zeitpunktes, wann solche secundäre Wirkungen einsetzen, ferner auf die Umstände, welche ein schnelles oder langsames N-Gleichgewicht erzielen lassen. Ueber diesen Punkt enthält die ältere Literatur manche erklärende Angabe.

Ist eine Eiweissfütterung schon vorhergegangen, so wird das Gleichgewicht schnell erreicht und umgekehrt; sonach könnte mitunter der primären Wirkung der Nahrungsstoffe, beziehungsweise des Eiweisses etwas von der secundären sich addiren.

Die Annahme, dass diese secundäre Wirkung eine rein functionelle sei, macht es dann verständlich, dass sofort mit dem Aufhören der abundanten Nahrungszufuhr die sonstigen Energieumsätze wieder gefunden werden, wie sie der Masse (oder der Oberflächenwirkung) des Körpers entsprechen.

Aus den vorliegenden Erörterungen ergibt sich immer schärfer, unter welchen Versuchsbedingungen allein wir die primäre Nahrungswirkung auffinden können.

Fällt Eiweiss als Fütterung weg und wird nur Fett oder Kohlehydrat gegeben, so ist zwar die durch die Nahrungszufuhr bedingte Steigerung der Kost vorhanden, aber nicht die Steigerung durch Ansatz, da nichts lebendes, sondern nur Reservestoffe abgelagert werden, so lange diese nicht etwa durch übermässige Fettablagerung die Wärmeökonomie zu verändern in der Lage sind, wo zugerechnet werden könnte: steigernde Schwierigkeit der Entwärmung, dann Zunahme der Wasserverdunstung und schliesslich eine Gefahr der Ueberwärmung.

Ein Hund von 3·96 *kg* Körpergewicht erhielt 40 *g* Speck täglich. Wärmebildung pro 1 *kg* und 24 Stunden:[1])

Temperatur	Gesammtwärme	Wärme durch Wasserverdunstung
25°	58·19	14·2
30°	61·79	19·9
35°	68·72	46·3

Das Thier nähert sich bei 35° der Ueberwärmung.

Das Thier producirte also schon bei 35° so erheblich viel mehr Wärme, dass es die letztere nur durch eine bedeutsame Inanspruchnahme der Wasserverdunstung los zu werden vermochte.

Wenn es also auch mancherlei functionelle Gründe gibt, welche den starken Energiezuwachs bei überschüssiger Eiweisszufuhr erklären können, oder wenigstens dazu beitragen können, so ist die Lösung des Problems doch noch keine einfache und befriedigende. Ja man kann immer mehr wankend werden, ob der Ansatz an N und das Mehr in einigermaassen unmittelbarem Zusammenhange stehen.

Die Erklärung des ganzen Vorganges ist eine viel einfachere als man anzunehmen geneigt sein kann, wenn man wieder auf den Ausgangspunkt unserer Untersuchungen, die specifische dynamische Wirkung der Eiweissstoffe, zurückgreift.

Sie ist bei Eiweiss eine ganz andere wie bei den übrigen Nahrungsstoffen, ihrem vollen Umfange nach kennen wir sie noch gar nicht.

---

[1]) Arch. f. Hyg., Bd. XX, S. 350.

Jeder mit Eiweiss überfütterte Organismus strebt dem Nahrungsgleichgewicht zu. Dieses liegt aber bei dem abundant Gefütterten hier weit über seinem Hungerbedarf und bei den grossen Ueberschüssen, die wir angewendet haben, tritt die compensatorische Einsparung schon sehr zurück, so dass sich die specifisch-dynamische Wirkung ziemlich rein zeigt.

Da in diesem Zustande auf einen Theil N am Körper viel mehr an Energie im Gleichgewichtszustande verbraucht wird, so braucht die Verschiebung im N-Bestande nur eine geringe sein, um dieses Nahrungsgleichgewicht zu erhalten.

Also nicht der angesetzte N ist die Ursache, noch auch eine specifische Veränderung des Körpers selbst, sondern der Effect wird einzig und allein durch das Nahrungsmaterial selbst erzielt.

Um einen Theil N vom Körper ins Nahrungsgleichgewicht zu bringen, ist nach Ausschaltung der Regulation eine weit grössere Energiemenge nothwendig als bei den anderen Nahrungsstoffen, folglich steigt die Wärmeproduction rapid und die Verschiebung im N-Bestande selbst braucht nur eine unbedeutende zu sein, um das Gleichgewicht herzustellen. Der angesetzte N wirkt nicht anders als der auch sonst am Körper vorhandene.

Um Missverständnisse zu vermeiden, betone ich aber, dass freilich nicht die N-Masse des Körpers selbst das ausschliessliche Maass abgibt, nach welchem unter verschiedenen Umständen und bei verschiedenen Thieren Vergleiche ausgeführt werden können.

Der anfängliche grosse Ueberschuss am ersten oder zweiten Tage entspricht dem Mehr durch die specifisch-dynamische Wirkung, an den nachfolgenden Tagen wächst mit dem N-Ansatz die Möglichkeit der Mehrzersetzung, diese reisst dann den Ueberschuss unter Verbrennung in einem Mengenverhältniss hinein, welches jenem uns nach der Zahl noch nicht genau bekannten, aber sehr grossen Energiezuwachs entspricht, der für Eiweissfütterung charakteristisch ist.

Das Energiegleichgewicht bei Eiweissüberschuss in der Zufuhr und allmählicher Abgleich steht somit sehr hoch über jenen bei N-freien Stoffen erhaltenen Werthen, wie wir schon im vorigen Capitel bemerkt haben.

Dies wird sich noch am eclatantesten aus den Untersuchungen der nachfolgenden Capitel ergeben.

Wir haben den N-Bestand des Körpers und seine Wandlungen nach den verschiedensten Richtungen hin betrachtet, die experimentellen Unterlagen aber zeigen, wie sehr dieses Maass, welches von vielen als der wahre Ausdruck zur Voraussage des Umfanges der Zersetzungen angesehen wird, Schwankungen unterworfen ist, die wesentlich von der Art der Fütterung abhängen.

Innerhalb dieser schwankenden Verhältnisse gibt es aber doch einzelne Zustände gleichartiger Natur, welche, wie z. B. im Hungerzustande, gestatten, die Zellmasse als Einheit zu betrachten.

In neuester Zeit ist mehrfach der Versuch gemacht worden, die Nahrungsbedürfnisse als etwas aufzufassen, was durch die Menge der N-haltigen Leibessubstanz der Thiere[1]) bedingt sei, und zwar unabhängig vom Ernährungszustande und von der Grösse. Die vorstehenden Betrachtungen haben sich zwar die Widerlegung dieser Anschauung nicht zum Ziele gesetzt, es ergibt sich aber ohneweiters die völlige Unhaltbarkeit solcher Auffassung. Ich selbst habe zuerst auf das strenge Abhängigkeitsverhältniss zwischen N-haltiger Leibessubstanz und Umsatz beim hungernden Individuum und für den Verlauf der Hungerzeit hingewiesen; aber es bedarf heute nicht mehr vieler Worte, um die absolute Unhaltbarkeit der Anschauung, dass die N-Masse des Körpers ein allgemeines Maass des Energieverbrauches sei, einzusehen.

Nach meinen Untersuchungen sind also die Beziehungen zwischen Energieverbrauch und Eiweissbestand, Eiweissverlust und Eiweissansatz zwar gesetzmässige, aber den absoluten Werthen nach ungemein wechselnde. Die eigenartigen Verhältnisse der abundanten Kost, bei geringem N-Anwuchs starke secundäre Mehrung des Energieumsatzes zu zeigen, hat nichts mit Aenderungen der Grundeigenschaft der Protoplasmamasse des Körpers zu thun.

Der Organbestand und mit ihm die N-Masse des Körpers, ist, was sein Energiebedürfniss anlangt, keine allgemein constante Grösse, sondern je nach den Entwickelungszuständen des Körpers wechselnd.

Interessant sind die gegensätzlichen Wirkungen zwischen der mit Eiweissansatz einhergehenden Mehrung der Körpermasse während der Wachsthumsperiode und beim Erwachsenen. In dem einen Falle sinkt trotz des fortwährenden Eiweissansatzes der Energieverbrauch fortlaufend (pro 1 *kg*), während beim Erwachsenen der Energieverbrauch den entgegengesetzten Gang nimmt, steigt und die Verbrennung ungewöhnlich hohe Werthe erreichen lässt.

Der Gegensatz liegt, wie schon kurz an anderer Stelle bemerkt, in der hemmenden Wirkung der zunehmenden relativen Verkleinerung der Oberfläche.

---

[1]) *Pflüger*'s Archiv, Bd. LII, S. 75; Bd. LXVII, S. 442. *E. Voit.*

XVII. Capitel.

Versuche über den Kraftwechsel bei 33° Luftwärme und verschiedener Ernährung.

Wenn man zu einer Theorie der Ernährung kommen will, muss diese als grundlegende Basis jedenfalls die specifisch-dynamische Wirkung der Nahrung verwerthen können. Wir kennen den Gang der Wärmeregulation aus Capitel VIII und IX für Mensch und Thier, wir vermögen die Grösse der compensatorischen Wirkung genau anzugeben. Es fehlt aber noch immer der definitive Abschluss zu dem Bau, die exacte Bestimmung der specifisch-dynamischen Wirkung frei von allen complicirenden und die Erklärung erschwerenden Begleitumständen und die definitive Erklärung für diese Erscheinung.

Für diese Aufgaben genügt der einfache und approximative Nachweis der specifisch-dynamischen Wirkung nicht. Wir müssen versuchen, sie nach absolutem Maasse festzustellen. Wie wesentlich gerade die specifische Wirkung der Stoffe in den Umsatz eingreift, habe ich zu wiederholtenmalen auf Grund meiner ersten Veröffentlichung aus dem Jahre 1885 betont; was die Kinderernährung anlangt, um nur ein Beispiel zu geben, habe ich gezeigt, wie ungleich die verschiedene Zusammensetzung der Kost wirken kann[1]) und wie speciell der Eiweissgehalt der Kost dominirend in der Gesammtwirkung hervortritt.

Aber es fehlt uns zu dem, was die Hauptaufgabe jeder Theorie sein muss, zur Vorausberechnung doch noch die nöthige Grundlage.

Jetzt kennen wir wenigstens alle Momente, welche das Experiment compliciren können, aber auch die Bedingungen, unter welchen sie vergleichbar sind und die Nahrungswirkung am schärfsten hervortreten muss.

Unter gewissen Voraussetzungen würden die zahlreichen in Cap. III, IV, V angeführten Experimente mit einer gewissen Annäherung die wahre, volle Wirkung der Nahrung erkennen lassen, aber doch nicht in solch überzeugender Weise und Schärfe, wie es erwünscht und für weitere Schlüsse erforderlich ist.

---

[1]) Zeitschr. für Biol., Bd. XXXVIII, S. 382.

Ich sah mich daher gezwungen, trotz der vielen bereits unternommenen Versuche nochmals unter völlig einwandfreien Bedingungen die Arbeit in gewissem Sinne neu aufzunehmen, um die specifisch-dynamische Wirkung in voller Klarheit darzulegen.

Aber die viele erneute Mühe wurde schliesslich durch den vollen Erfolg auch belohnt und wenn auch nach Abschluss der Experimente wieder ein Heer von neuen Fragen auftaucht, so haben wir doch schliesslich ein klares Verständniss der verwickelten Verhältnisse gefunden, eine Lösung, welche früher als rein stoffliche Fragen aufgefasste Dinge in einem neuen Lichte erkennen lässt und ohne altbewährte Erfahrungen zu untergraben, für sie in dem Rahmen einer tieferen Erkenntniss den nöthigen Raum lässt.

Bei der Wichtigkeit der Sache hielt ich es also für richtig, nochmals eine Controlle meiner Anschauung unter Bedingungen vorzunehmen, welche einerseits ohne alle Rechnung die Resultate uns vor Augen führen müssen und andererseits nothwendig sind, um die Verhältnisse für die menschliche Ernährung ins rechte Licht zu setzen.

Die Methodik, welche ich hierzu angewendet habe, wird geeignet sein, in Zukunft über viele Fragen des Stoffwechsels werthvolles und sicheres Material zu liefern. Es ist nicht ausgeschlossen, dass uns gerade das Studium der Verdauungsarbeit, wie es auf diesem Wege möglich ist, über wichtige Eigenschaften des Nährmateriales eine Auskunft geben muss.

Wir wollen uns zunächst aller theoretischen Erörterungen über die Gründe der ungleichen specifischen Wirkung enthalten und uns bemühen, die Thatsachen sicherzustellen.

In erster Linie musste die Methodik durch Einwirkung hoher Lufttemperaturen jedwede muskuläre Wärmeregulation ausschalten. Wir kennen ja auch künstliche Mittel, wie das Curare, das solchen Zweck erreichen liesse. Ich hatte aber ernste Bedenken, solch ein Gift auf den Körper wirken zu lassen, da man ja doch nicht weiss, ob nicht etwa noch ungekannte Nebenwirkungen vorhanden sind. Die Wärme aber ist das naturgemässe Mittel, welches wir unbedenklich anwenden können.

Meine Beobachtung, dass die specifische Wärmewirkung mit steigender Temperatur zunimmt, gestattet noch den weiteren Vortheil, mit den Nahrungsmengen innerhalb der Grenzen des normalen Bedarfes bleiben zu können, wodurch die störenden Wirkungen des Nahrungsansatzes ausgeschlossen werden konnten.

Diese Versuchsbedingungen, namentlich die Höhe der Temperatur, bei der die Experimente ausgeführt wurden, haben eine besondere Bedeutung, weil sie zugleich die Lebensbedingungen des Menschen darstellen.

Die Bedingungen, unter welchen der Mensch lebt, sind im ausgesprochensten Maasse die Bedingungen der physikalischen Regulation, nicht, dass der Mensch einer chemischen Regulation entbehrte, wohl aber versucht er im Allgemeinen aus Gründen der Behaglichkeit sich

ihr zu entziehen und es ist auch nicht zu verkennen, dass darin ein Fortschritt in biologischer Hinsicht zu finden ist, indem er dann frei von dem Zwange wechselnder Nahrungsaufnahme bei dem Wechsel äusserer Bedingungen bleibt.

Derartige Gründe haben mich davon überzeugt, dass die Thierexperimente auch unter den Verhältnissen völliger Ausschaltung der chemischen Wärmeregulation zu studiren sind.

Die Experimente, welche nach dieser Richtung hin angestellt wurden, sind ausgeführt bei 33° Lufttemperatur. Der 4 bis 5 *kg* schwere Hund befand sich volle 46 Tage nacheinander ohne alle Unterbrechung im Calorimeter, da dieses allein erlaubt, für längere Zeit eine absolut gleiche Temperatur herzustellen.

Der Versuchsplan ging dahin, einmal die drei Hauptnahrungsstoffe, Eiweiss, Fett, Kohlehydrat auf ihre Wirkung, die Wärmebildung zu steigern, zu untersuchen. Da bei 33° jede Compensation durch chemische Regulation absolut unmöglich war, so musste sich auch ohne überreichliche Kost im Verhältniss zum Hungerbedarf eine Steigerung der Wärme ergeben, welche das Resultat rein zum Ausdruck brachte.

In zweiter Linie sollten Stoffgemische in den Mischungsverhältnissen, wie sie beim Menschen vorkommen können, geprüft werden, theils um diese Grösse direct kennen zu lernen, als auch um zu sehen, ob die Wirkung von Gemischen der Summe der Wirkungen der Componenten entspreche.

Zwischen die Ernährungsversuche wurden Hungerversuche eingeschaltet, um festzustellen, inwieweit die Basis für die Berechnungen unverrückt dieselbe blieb.

Die Anordnung der Experimente musste so gewählt werden, dass das Thier nicht gar zu grosse Schwankungen seines Körperbestandes durchmachte.

Auch die Fresslust musste in geeigneter Weise berücksichtigt werden. In bestimmten Perioden wurde durch Abgrenzung der Koth bestimmt.

Nachstehende Tabelle enthält die gewonnenen Grundzahlen.

Die mühevollen Untersuchungen sind fast ohne alle Unterbrechung zu Ende geführt worden. Nur an zwei Tagen sind die Resultate zweifelhaft und deswegen unverwerthbar. Für die wesentlichsten Vorgänge sind immer eine Serie von Versuchen ausgeführt worden, um das individuelle Moment thunlichst auszuschliessen. Dies war hier erlaubt, da bei ungenügender Kost ja keine Nachwirkungen der Fütterung zu befürchten waren. Es sind dies wohl die umfangreichsten Untersuchungen, welche mit continuirlicher Verfolgung der Nahrungsaufnahme und der Ausgaben auch in respiratorischer Hinsicht jemals ausgeführt worden sind.

Es sind dabei alle Vorsichtsmaassregeln für die Temperatur- und Feuchtigkeitsregulirung angewandt und selbstredend auch die Ventilationsgrösse des Calorimeters gleichmässig innegehalten worden.

Tabelle

Laufende Nummer	Tag und Datum	Art des Versuches	Gewicht	In 24 Stunden		Auf-
				g CO_2	g N	Knochen
1	Mo. 3., Di. 4. Juni	530 g Fleisch bei 9·4°	5280 g Mo. 11 Uhr	191·5	14·88	—
2	Di. 4., Mi. 5. „	530 g „ „ 30·5°	5230 g Di. 11 „	170·4	11·45	—
3	Mi. 5., Do. 6. „	235 g „ „ 7·5°	5120 g Mi. 11 „	—	11·82	—
4	Do. 6., Fr. 7. Juni	530 g Fleisch bei 28·0°	5200 g Do. 11 Uhr	154·1	12·15	—
5	Fr. 7., Sa. 8. „	530 g „ „ 5·2°	5200 g Fr. 11 „	203·0	18·45	—
6	Sa. 8., So. 9. „	530 g „ „ 26·4°	5480 g Sa. 11 „	157·4	16·20	—
7	So. 9., Mo. 10. „	530 g „ „ 4·9°	5490 g So. 11 „	216·5	17·00	—
8	Mo. 10., Di. 11. Juni	Hunger bei 33°	5500 g Mo. 11 Uhr	97·9	3·15	10 g Mo. $12^1/_2$ Uhr
9	Di. 11., Mi. 12. „	„ „ 33°	5320 g Di. 11 „	90·2	2·45	—
10	Mi. 12., Do. 13. „	„ „ 33°	5200 g Mi. 11 „	84·5	2·30	—
11	Do. 13., Fr. 14. „	„ „ 33°	5140 g Do. 11 „	84·5	2·44	10 g Do. $11^3/_4$ Uhr
12	Fr. 14., Sa. 15. Juni	98 g Speck bei 33°	5100 g Fr. 11 Uhr	102·7	2·03	—
13	Sa. 15., So. 16. „	98 g „ „ 33°	5070 g Sa. 11 „	117·1	1·86	—
14	So. 16., Mo. 17. „	30 g „ „ 33°	5170 g So. 11 „	93·1	1·86	—
15	Mo. 17., Di. 18. „	30 g „ „ 33°	5280 g Mo. 11 „	96·0	1·74	10 g Mo. $12^3/_4$ Uhr
16	Di. 18., Mi. 19. Juni	185 g Fleisch bei 33°	5180 g Di. 11 Uhr	109·4	5·06	—
17	Mi. 19., Do. 20. „	185 g „ „ 33°	5170 g Mi. 11 „	101·3	4·94	—
18	Do. 20., Fr. 21. „	185 g „ „ 33°	5240 g Do. 11 „	102·7	5·45	—
19	Fr. 21., Sa. 22. „	185 g „ „ 33°	5320 g Fr. 11 „	97·5	5·73	—
20	Sa. 22., So. 23. Juni	Hunger bei 33°	5370 g Sa. 11 Uhr	79·7	1·52	—
21	So. 23., Mo. 24. „	„ „ 33°	5230 g So. 11 „	83·0	1·30	—
22	Mo. 24., Di. 24. „	„ „ 33°	5200 g Mo. 11 „	83·5	1·64	—
23	Di. 25., Mi. 26. „	„ „ 33°	5150 g Di. 11 „	88·3	1·93	—

116.

Aufnahme		Apparat							
		Temperatur							
Fleisch	Wasser als solches	Mittel	Minimum	Maximum	Mittel Abstrom	CO_2 ‰	Zustrom CO_2 ‰	Plus des Abstromes an CO_2 ‰ (cm^3 Luft)	Gesammtlüftung m^3
530	0 gereicht	9·4	6·0	17·1	—	2·34	0·31	+ 2·02	43·3
530	0 gereicht	30·5	28·4	32·0	—	1·97	0·35	+ 1·62	48·2
235	250 v. 250 Mi. 12¼ Uhr	7·5	3·6	14·6	—	—	--	—	(35·5)
530	0 gereicht	28·0	27·6	30·4	—	1·83	0·43	+ 1·40	50·5
530	350 v. 500 Fr. 12²/₄ Uhr	5·2	3·5	7·0	—	2·63	0·37	+ 1·99	46·8
530	50 „ 250 Sa. 12¼ „	26·4	24·9	29·6	—	1·87	0·38	+ 1·49	48·4
530	70 „ 250 So. 12¼ „	4·9	2·6	6·4	—	2·54	0·37	+ 2·17	45·7
0	0 v. 250 Mo. 12 Uhr	32·0	—	—	32·3	1·30	0·42	+ 0·88	50·9
0	150 „ 250 Di. 12 „	32·5	32·1	33·2	33·1	1·27	0·41	+ 0·68	48·0
0	180 „ 250 Mi. 12 „	32·8	32·0	33·5	33·2	1·24	0·45	+ 0·79	49·1
0	170 „ 250 Do 12 „	33·1	32·5	33·7	32·9	1·43	0·58	+ 0·85	45·6
98 *g* Speck Fr. 11½—12 Uhr	140 v. 250 Fr. 12 Uhr	33·4	33·1	33·6	33·0	1·77	0·73	+ 1·04	45·2
98 *g* Speck, davon 67 *g* Sa. 11½—1 Uhr	360 von 2 × 250 Sa. 12 Uhr	32·0	31·2	32·9	32·2	1·72	0·54	+ 1·18	45·6
30 *g* Speck So. 11½—12 Uhr	350 von 2 × 250 So. 12 Uhr	32·6	32·1	33·0	32·3	1·56	0·63	+ 0·93	46·0
30 *g* Speck, davon 20 *g* Mo. 11½—1 Uhr	190 v. 250 Mo. 12 Uhr	32·7	32·1	33·5	32·1	1·60	0·63	+ 0·97	46·3
185 *g* Fl. Di. 12 Uhr	140 von 1 × 250 Di 12½ Uhr	32·5	32·2	33·6	31·9	1·69	0·62	+ 1·08	46·8
185 *g* „ Mi. 12 „	260 von 2 × 250 Mi. 12½ Uhr	33·0	32·7	33·6	32·5	1·54	0·57	+ 0·97	47·8
185 *g* „ Do. 12 „	200 von 1 × 250 Do. 12½ Uhr	32·3	30·2	34·8	30·7	1·49	0·50	+ 0·99	47·6
185 *g* „ Fr. 12 „	220 von 1 × 250 Fr. 12½ Uhr	32·8	31·9	34·0	31·4	1·39	0·42	+ 0·97	46·0
0	50 v. 250 Sa. 12 Uhr	33·5	33·0	33·8	33·1	1·25	0·44	+ 0·81	45·0
0	140 „ 250 So. 12 „	33·1	32·5	33·8	32·8	1·26	0·43	+ 0·83	45·8
0	150 „ 250 Mo. 12 „	33·0	31·6	35·3	32·6	1·18	0·37	+ 0·81	47·3
0	145 „ 250 Di. 12 „	32·0	31·3	32·6	31·6	1·40	0·54	+ 0·86	47·2

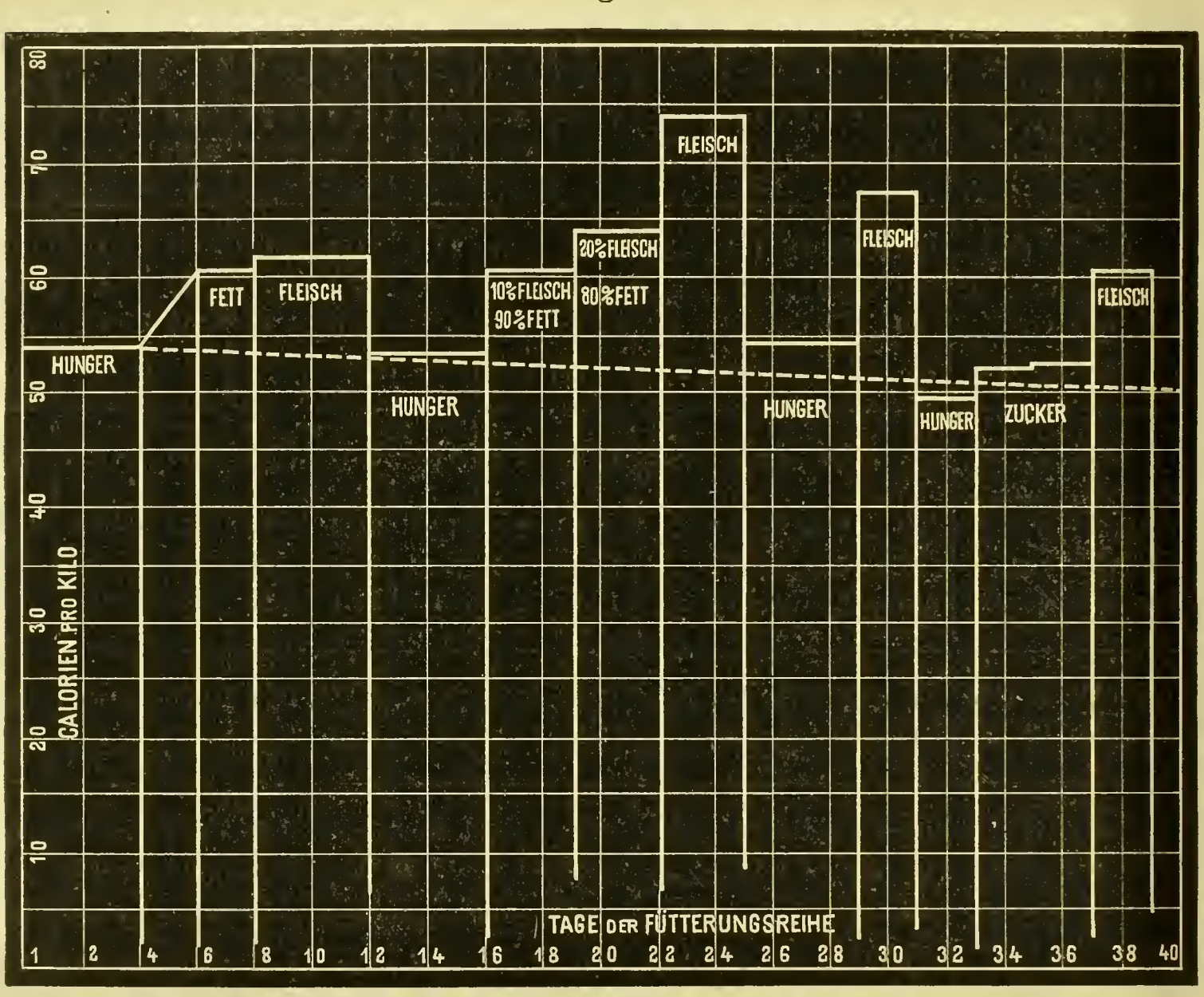
Laufende Nummer	Tag und Datum	Art des Versuches	Gewicht	In 24 Stunden		Auf-
				g CO_2	g N	Knochen
24	Mi. 26., Do. 27. Juni	27 g Fleisch, 27 g Speck gemischt	5080 g Mi. 11 Uhr	93·1	2·39	—
25	Do. 27., Fr. 28. „	wie vor.	5050 g Do. 11 „	90·9	2·16	—
26	Fr 28., Sa. 29. „	wie vor.	4950 g Fr. 11 „	88·8	2·47	—
27	Sa. 29. So. 30. Juni	55 g Fleisch, 24 g Speck gemischt	4970 g Sa. 11 Uhr	95·3	2·47	—
28	So. 30., Mo. 1. Juli	wie vor.	4870 g So. 11 „	130·7	3·74	—
29	Mo. 1., Di. 2. „	wie vor.	4500 g Mo. 11 „	94·1	2·30	—
30	Di. 2., Mi. 3. Juli	274 g Fleisch	4390 g Di. 11 Uhr	107·7	6·35	—
31	Mi. 3., Do. 4. „	274 g „	4380 g Mi. 11 „	108·7	7·34	—
32	Do. 4., Fr. 5. „	274 g „	4460 g Do. 11 „	108·9	8·20	10 g Do. 11 Uhr
33	Fr. 5., Sa. 6. Juli	48 g Zucker, 41 g Fleisch u. $4^1/_2$ g Speck	4470 g Fr. 11 Uhr	88·6	2·42	—
34	Sa. 6., So. 7. „	wie vor.	4570 g Sa. 11 „	87·5	1·82	—
35	So. 7., Mo. 8. „	wie vor.	4550 g So. 11 „	90·5	1·24	—
36	Mo. 8., Di. 9. „	wie vor.	4500 g Mo. 11 „	89·7	1·24	—
37	Di. 9., Mi. 10. Juli	274 g Fleisch	4570 g Di. 11 Uhr	104·7	7·36	—
38	Mi. 10., Do. 11. „	wie vor.	4600 g Mi. 11 „	103·1	8 32	—
39	Do. 11., Fr. 12. Juli	Hunger bei 33°	4580 g Do. 11 Uhr	69·7	2·00	—
40	Fr. 12., Sa. 13. „	wie vor.	4510 g Fr. 11 „	69·3	1·48	10 g Fr. 1 Uhr
41	Sa. 13., So. 14. Juli	49 g Stärke und 3·70 g Gänsefett, 40 g Fleisch	4480 g Sa. 11 Uhr	74·2	2·16	—
42	So. 14., Mo. 15. „	wie vor.	4480 g So. 11 „	80·0	1·58	—
43	Mo. 15., Di. 16. Juli	10 g Knochen, 50 g Zucker	4520 g Mo. 11 Uhr	87·3	0·76	10 g Mo. 12 Uhr
44	Di. 16., Mi. 17. „	wie vor.	4490 g Di. 11 „	87·4	0·89	wie vor.
45	Mi. 17., Do. 18. Juli	155 g Fleisch	4460 g Mi. 11 Uhr	80·8	3·31	—
46	Do. 18., Fr. 19. „	155 g „	4390 g Do. 11 „	82·4	4·01	—

Aufnahme		Apparat							
		Temperatur				CO_2 ‰	Zustrom CO_2 ‰	Plus des Abstromes an CO_2 ‰ (cm^3 Luft)	Gesammtlüftung m^3
Fleisch	Wasser als solches	Mittel	Minimum	Maximum	Mittel Abstrom				
54 *g* Mischung Mi. 11½ Uhr	145 v. 250 Mi. 12 Uhr	32·1	31·0	32·7	31·2	1·33	0·38	+ 0·95	45·0
Do. wie vor.	150 „ 250 Do. 12 „	32·9	31·6	33·4	31·9	1·32	0·40	+ 0·92	45·3
Fr. wie vor.	215 „ 250 Fr. 12 „	32·8	32·4	33·5	31·7	1·31	0·43	+ 0·88	46·3
79 *g* Mischung Sa. 12 Uhr	110 v. 250 Sa. 12¼ Uhr	32·2	31·2	32·7	31·5	1·30	0·39	+ 0·91	48·0
So. wie vor.	130 „ 250 So. 12¼ „	32·8	32·0	34·0	31·6	1·76	0·38	+ 1·38	43·4
Mo. wie vor.	50(!) „ 250 Mo. 12¼ „	33·0	32·0	34·5	31·3	1·27	0·33	+ 0·94	45·9
274 *g* Di. 12 Uhr	120 v. 250 Di. 12¼ Uhr	32 8	32·0	33·8	31·2	1·41	0·32	+ 1·09	45·3
Mi. wie vor.	200 „ 250 Mi. 12¼ „	32·9	32·6	33·6	30·3	1·50	0·39	+ 1·11	44·9
Do. wie vor.	90 „ 250 Do. 12¼ „	32 7	31·8	33·6	30·5	1·45	0·35	+ 1·10	45·4
Nahrung Fr. 11¾ Uhr	210 v. 250 Fr. 12 Uhr	32·9	32·0	33·8	30·5	1·24	0·35	+ 0·89	45·6
Sa. wie vor.	190 „ 250 Sa. 12 „	32·9	32·0	33·9	30·6	1·23	0·35	+ 0·88	45·6
So. wie vor.	40(!) „ 250 So. 12 „	32·3	32·2	33·8	30·4	1·24	0·34	+ 0·90	46·2
Mo. wie vor.	210 „ 250 Mo. 12 „	32·8	32·0	33·5	31·1	1·25	0·36	+ 0·89	46·2
274 *g* Fl. Di. 12 Uhr	140 v. 250 Di. 12¼ Uhr	32·9	32·5	33·8	30·7	1·45	0·40	+ 1·05	45·7
274 *g* „ Mi. 12 „	100 „ 250 Mi. 12¼ „	32·4	32·0	32·6	30·3	1·41	0·39	+ 1·02	46·3
0	130 v. 250 Do. 12½ Uhr	32·9	32·3	33·4	30·8	1·09	0·41	+ 0·68	47·0
0	100 „ 250 Fr. 12½ „	32·6	31·5	33·4	31·1	1·06	0·38	+ 0·68	46·7
Nahrung Sa. 11¾ Uhr	80 v. 250 Sa. 12½ Uhr	32·6	32·0	33·2	31·0	1·08	0·36	+ 0·72	47·2
So. wie vor.	100 „ 250 So. 12½ „	32·8	32·0	33·2	31·2	1·14	0·36	+ 0·78	46·9
50 *g* Zucker Mo. 12 Uhr	140 v. 250 Mo. 12¼ Uhr	32·7	31·9	33·3	31·1	1·18	0·35	+ 0·83	48·2
Di. wie vor.	120 „ 250 Di. 12¼ „	32·9	32·2	33·8	30·9	1·21	0·33	+ 0·88	45·5
Fleisch Mi. 11 Uhr	50 v. 250 Mi. 12½ Uhr	32·7	31·9	33·3	30·9	1·14	0·33	+ 0·81	45·7
„ Do. 11 „	70 „ 250 Do. 12½ „	32 9	31·8	33·7	31·4	1·12	0·32	+ 0·80	47·2

Die Einnahmen dieser Versuche sind in allen Fällen durch direct ausgeführte chemische Analyse gestützt und die Wärmewerthe alle durch Verbrennung mit diesem Material in der Bombe ausgeführt.

Ebenso wurden die Ausscheidungen mit dem Kothe und der Harn behandelt, letzterer natürlich nicht für den einzelnen Tag, da das ja unmöglich ist wegen der zu geringen Menge an Substanz, die zu Gebote steht, wohl aber für die bestimmten Perioden, Fleischfütterung, Fettfütterung, Zuckerfütterung.

Fig. 8.



Bei Ausführung der Versuche, die eine Fülle von Analysen nothwendig machten, bin ich durch Privatdocenten Dr. *Wolpert* und Dr. *Spitta* hinsichtlich der chemischen Analysen und der Respirationsuntersuchungen in dankenswerther Weise unterstützt worden.

Aus der vorstehenden Haupttabelle sind nun folgende Wärmewerthe abgeleitet worden (Tabelle 117).

Es ist mir nicht möglich, auf alle Einzelnheiten der Zersetzungen dieser grossen Versuchsreihe einzugehen, sie enthalten mancherlei Ergebnisse, welche für andere Fragen der Ernährung von Bedeutung sein können. Die Experimente ergeben auch für den, der nur die

Tabelle 117.

Nummer	N ausgeschieden	C ausgeschieden Respiration	C im Harn	C im Koth	Summe des C	Ab Eiweiss-C	Rest	Calorien			Pro 1 *kg* Calorien
								Eiweiss	Fett und Kohlehydrat	Summe	
8	3·25	26·7	2·3	0·7	29·70	19·12	—	81·2	235·2	316·4	57·6
9	2·55	24·6	1·79	0·7	27·08	18·72	—	63·7	230·2	293·9	55·4
10	2·40	23·1	1·68	0·7	25·23	17·55	—	60·0	235·8	275·8	52·8
11	2·54	23·1	1·78	0·7	25·23	16·90	—	63·5	207·9	271·3	52·9
12	2·13	28·0	1·48	0·7	30·20	23·40	—	55·7	283·7	339·4	66·9
13	1·96	31·93	1·35	0·7	33·98	27·70	—	51·5	337·1	388·6	75.6
14	1·96	25·40	1·50	0·7	27·60	21·21	—	49·0	260·9	309·9	59·0
15	1·84	26·18	1·27	0·7	28·15	22·33	—	46·0	274·7	320·7	61·0
16	5·26	29·83	3·16	1·3	34·29	17·04	—	141·8	209·6	351·4	66·5
17	5·14	27·62	3·09	1·3	32·01	15·15	—	138·6	186·3	324·9	61·7
18	5·65	27·91	3·40	1·3	32·61	14·08	—	151·9	173·1	325·0	61·3
19	5·93	26·59	3·57	1·3	31·46	12·04	—	159·2	148·1	307·3	57·2
20	1·62	21·73	1·96	0 7	23·59	18·28	—	40·5	224·8	265·3	50·2
21	1·40	22·63	1·09	0·7	24·42	19·83	—	35·0	243·8	278·8	53·8
22	1·74	22 76	1·34	0·7	24·80	19·10	—	43·5	235·2	278·8	53·8
23	2·03	24·08	1·55	0·7	26·33	19·67	—	50·7	241·9	292·6	56·4
24	2·55	25·39	1·45	1·1	28·14	19·58	—	66·8	236·7	308·6	59·7
25	2·32	24·79	1·34	1·1	27·26	19·62	—	60·3	237·4	302·8	59·9
26	2·63	24·21	1·51	1·1	26·82	19·10	—	68·4	231·2	305·1	60·2
27	2·63	25 99	1 50	1·1	28·60	19·98	—	68·4	245·8	314·2	64·2
28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29	2·46	25·66	1·40	1·1	28·16	20·00	—	64·5	247·1	311·6	66·9
30	6·55	29·37	3·87	1·3	34·14	13·06	—	170·8	160·5	311·3	71·9
31	7·54	29·65	4·50	1·3	35·05	10·72	—	196·5	131·8	328·3	73·4
32	8·40	29·65	5·00	1·3	35·55	8·40	—	218·4	103·3	321·7	71·5
33	2·58	24·16	1·48	1·1	26·74	18·28	—	67·6	173·8	241·4	55·55
34	1·98	23·86	1·10	1·1	26·06	19·57	+ 0·57	51·5	186·1	244·6	
35	1·40	24·68	0·76	1·1	26·54	21·95	+ 2·95	36·4	186·1	258·8	
36	1·40	24·46	0·76	1·1	26·32	21·73	+ 2·73	36·4	186·1	256·3	
37	7·56	28·45	4·49	1·3	33·84	9·44	—	197·1	116·1	313·2	67·35
38	8·52	28·11	5·07	1·3	34·03	6·54	—	222·0	80·4	302·4	
39	2·10	19·00	1·22	0·7	20·9	14·0	—	57·0	172·7	229 7	50·59
40	1·58	18·90	1·00	0·7	20·7	15·4	—	41·8	189·9	231·7	
41	2·36	20·23	1·52	1·1	22·85	15·11	— 0·41	61·4	142·5 1·3	205·1	—(?)
42	1·78	21·84	1·16	1·1	24·10	18·27	— 3·6	46·3	139·6 44·3	230·2	52·0
43	0·86	23·81	0·56	0·7	25·07	22·25	1·52	21·5	195·7 18·8	236·2	52·49
44	0·99	23·81	0·65	0·7	25·16	21·90	1·18	24·7	195·9 14·6	235·2	
45	3·51	22·03	2·02	1·3	25·35	13 87	—	91·8	180·6	272·4	60·41
46	4·21	22·47	2·30	1·3	26·07	12·26	—	109·5	150·8	260·3	

stofflichen Wandlungen verfolgen will, eine Reihe interessanter Thatsachen.

Die Versuche müssen zunächst in einer Form gruppirt werden, welche ihre weitere Behandlung bequem gestaltet. Ich will daher die Werthe pro 1 *kg* Lebendgewicht berechnen. Es ist diese Form mit Recht am häufigsten zur Anwendung gebracht worden; man scheint aber vielfach das Lebendgewicht als ein Maass zu betrachten, das nur durch Ansatz oder Abgabe von Körperstoffen variirt. Das ist aber ganz und gar nicht der Fall. Gerade die hier mitgetheilten Versuche zeigen, dass man mit Wasseransatz und Wasserabgabe vielfach zu rechnen hat, und dass diese Grössen höchst bedeutende Werthe annehmen können. Es verhält sich auch nicht so, dass man darauf bauen könnte, ein Thier, das viel Wasser abgegeben hat, werde nachher sofort durch vorgesetztes Wasser den Verlust abgleichen. Der Ausgleich kommt bisweilen erst sehr langsam zu Stande.

Es ist nothwendig, dass wir die Grösse des Hungerkraftwechsels möglichst genau kennen lernen. Bei so langen Reihen, welche sich über sechs Wochen hingezogen haben, muss man, wie wir gezeigt haben, mit kleinen Variationen des Hungerstoffwechsels rechnen. Ich habe daher vorstehend Fig. 8, S. 322, eine graphische Darstellung aller Experimente gegeben, aus denen die jeweiligen Werthe für den Kraftwechsel vom Hunger genügend genau sich ableiten lassen.

Es hat ein allmählicher Abfall des Hungerumsatzes stattgefunden, also einer jener Fälle, die in Cap. 16 mit erwähnt sind.

Tabelle 118.

Pro 1 *kg* und 24 Stunden.

Kost	Bedarf nach dem Hungergewicht in Cal.	Umsatz in Calorien
Fett	54·0	60·9
$^2/_3$ Fleisch	53·5	62·1
10% Fleisch, 90% Fett . .	53·4	60·6
20% „ 80% „ . .	52·5	63 6
Fleisch	52·0	73·8
Fleisch, Fett, Zucker . . .	51·0	55·6
Fleisch	51·0	67·3
Fleisch, Fett, Stärke . . .	50·0	53·0
Zucker	50·0	52·5
$^2/_3$ Fleisch	50·0	64·4

Die Wärmebildung ist also je nach der gewählten Nahrungsweise eine ungemein verschiedene und wenn man sich auch nur ein approximatives Bild an der Hand der graphischen Darstellung macht, so erkennt man überall durchdringend und vorherrschend die Wirkung

Tabelle 119.

Kost	Wärmezuwachs in %
Fleisch	36·7
Fett	12·7
Zucker	5·0
10% Fleisch, 90% Fett	13·4
Fleisch, Fett, Zucker	9·0
Fleisch, Fett, Stärke	4·0
10% Fleisch, 90% Fett	13·4
20% „ 80% „	21·5
100% Fleisch	36·5
2/3 Fleisch	19·3
100% Fleisch	36·7

der Eiweissstoffe auf die Wärmebildung. Die anderen beiden N-freien Stoffe treten ganz wesentlich in den Hintergrund.

Die Versuche beweisen, dass im Gebiete physikalischer Regulation die verschiedenen Nahrungstoffe in verschiedenem Maasse wärmemehrend sich erweisen, am stärksten das Eiweiss, weniger das Fett, am wenigsten das Kohlehydrat.

Mit keiner Nahrungscombination ist es mir aber möglich gewesen, ein Gleichgewicht im Kraftwechsel in der Art herzustellen, dass nur soviel verbraucht worden wäre als dem Hungerkraftwechsel entspricht.

Die Menge der Nahrung ist in nachfolgender Tabelle zusammengestellt. Dazu bemerke ich Folgendes. Die Fleischproben sind für jede

Tabelle 120.
Bedarf und Nahrung pro 1 *kg*.

Kost	Bedarf	Nahrung	Eiweiss	Fett	Kohlehydrat
Fett	54·0	53·4	—	53·4	—
2/3 Fleisch	53·5	37·7	32·3	—	—
10% Fleisch, 90% Fett	53·4	55·5	5·1	50·4	—
20% „ 80% „	52·5	59·3	10·5	48·8	—
100% Fleisch	52·0	63·0	57·1	5·9	—
Fleisch, Fett, Zucker	51·0	59·8	8·8	9·7	41·3
100% Fleisch	51·0	60·3	56·3	4·0	—
Fleisch, Fett, Stärke	50·0	48·0	8·1	8·6	31·3
Zucker	50·0	43·6	—	—	43·6
2/3 Fleisch	50·0	34·5	31·6	2·9	—

Fütterungsperiode direct analysirt. Der Wärmewerth des Fleisches ist, da hier ja der physiologische Verbrennungswerth angegeben werden muss, nach dem N-Gehalt berechnet der Fettgehalt kann nicht, wie

dies allgemein geschieht, mit der Fettzahl für reines Fett berechnet werden, die Aetherextracte des Fleisches, so wie ich sie analysiren liess, hatten nur 8·2 Cal. pro 1 *g* Extract. Sie bestehen, wie ich anderwärts angab, nicht entfernt aus reinem Fett, sondern haben Extractivstoffe beigemengt.

Das benutzte Gänseschmalz, der Speck, sind direct calorimetrisch geprüft worden.

Man darf nun keineswegs für die Berechnung das Fleisch in Bausch und Bogen als Eiweiss ansehen und auch bei den anderen Mischungen annehmen, dass die gewollte Zusammensetzung einer Kost immer praktisch auch erreicht wird. Kleine Differenzen kann man nicht voraussehen. In nachstehender Tabelle habe ich daher nachgewiesen, wie im Näheren die Kost beschaffen war.

Die Zufuhr und ihre Bestandtheile sind auf den Bedarf in Procent gerechnet, z. B. der Bedarf ist bei Stärke = 50 Cal. pro 1 *kg*, die Aufnahme 48 pro 1 *kg* = 96%, 8·15 Cal. der Aufnahme treffen auf Eiweiss, 8·7 auf Fett (50 : 8·15, beziehungsweise 8·7) = 16·3, beziehungsweise 17·4%.

Tabelle 121.

Bedarf, Zufuhr und Zusammensetzung der Kost.

Kost	Procent Calorien			Im Ganzen
	Fleisch	Fett	Kohlehydrat	
Fett	—	99·0	—	99·0
2/3 Bedarf	60·4	10·0	—	70·4
2/3 „	63·2	5·8	—	69·0
100% Fleisch	109·8	11·4	—	121·2
100% „	110·4	7·7	—	118·1
Zucker	—	—	86·4	86·4
10% Fleisch, 90% Fett . .	9·3	94 6	—	103·9
20% „ 80% „ . . .	16·1	91·5	—	107 6
Fleisch, Fett, Zucker . . .	14·2	16·1	86·9	117·2
Fleisch, Fett, Stärke . . .	16·3	17·4	62·3	96·0

Die vorliegenden Versuche zeigen, wie mit wechselnder Nahrung nach Ausschaltung der Wärmeregulation und ohne Ueberschuss der Kost die Wärmewerthe hin und her schwanken. Wir haben also hier die reine specifisch-dynamische Wirkung der Nahrungsstoffe, nach der wir gesucht haben, klar vor uns und in einer der weiteren Berechnung nunmehr zugänglichen Form.

XVIII. Capitel.

Die specifische dynamische Wirkung der Nahrungsstoffe und deren Gemische an absoluter Zahl.

Im Gegensatze zu der Wärmebildung bei mittleren und niedrigen Lufttemperaturen, welche sich durch die Constanz der Wärmeproduction, unabhängig von der Art der Fütterung auszeichnet (isodyname Vertretung) ist die Wärmebildung nach Ausschaltung der chemischen Wärmeregulation eine umgemein schwankende, selbst da, wo die Mengen der Nahrung keineswegs als überreichliche zu betrachten sind.

Diese Schwankungen fassen wir als die specifischen dynamischen Wirkungen der Nahrungsstoffe auf.

Eine Gesetzmässigkeit aber lassen sie ohneweiters nicht erkennen, wenn auch wieder, wie in den Experimenten der Capiteln III und IV, das Eiweiss eine dominirende Stellung gegenüber den N-freien Stoffen beansprucht.

Die Wirkung der Nahrungsstoffe auf die Wärmebildung ergibt sich aus den Versuchen selbst nur in grossen Umrissen, doch habe ich alle Thatsachen erhoben, welche eine exacte Rechnung für die einzelnen Substanzen ermöglichen können.

Die Berechnungsweise der Wirkung kann man von verschiedenen Gesichtspunkten ausführen;[1]) wir gehen von der Nahrungsaufnahme aus und führen darauf den Wärmezuwachs zurück, dies kann entweder so geschehen, dass man nur berechnet, um wie viele Procente die Wärmeproduction des Thieres stieg, wenn die Zufuhr in einem bestimmten

---

[1]) Wenn einem Thiere 100% des Bedarfs gereicht sind und die Steigerung gegenüber dem Hunger (= Bedarf) sei 30%, so wird dies Verhältniss dasselbe sein, als wenn man von den absoluten Werthen ausgeht.

Hätten wir z. B. 50 Cal. Hungerbedarf, 70 Cal. zugeführt und betrüge die Zersetzung nach der Nahrungsaufnahme 71 Cal., so gäbe die eine Art der Rechnung Nahrungszufuhr 140%, Zuwachs an Wärme + 42%, oder für 100% Zufuhr = + 30% Steigerung.

Die andere Art:

Für 70 Cal. Nahrung + 21 Cal. mehr an Wärme = p. 100 Cal. + 30% Steigerung.

Beide Formen der Berechnung geben also den der Nahrungszufuhr entsprechenden Wärmezuwachs.

Verhältnisse zum Bedarfe stand oder man kann die absolute Quantität der aufgenommenen Nahrung (Calorien) in Beziehung setzen zur absoluten Menge der Wärme, welche an den Fütterungstagen mehr erzeugt wird, als an den vorangehenden oder folgenden Hungertagen.

Wir wollen nachstehend diese Berechnungsweise durchführen. Es genügt freilich eine solche nur an einem Thiere ausgeführte nicht, da man dann den Einwand machen könnte, es handle sich nur um individuelle Verhältnisse. Wir haben zwar schon im Capitel III gezeigt, dass eine specifische dynamische Wirkung in einer sehr ähnlichen Grösse bei Thieren verschiedener Rasse und Körpergewichte besteht und wären wohl berechtigt, auf diese Experimente zu verweisen. Aber es liegen für den exacten Vergleich mehrere Reihen an verschiedenen Thieren vor.

A. Fleisch.

Für die Berechnung der specifisch-dynamischen Wirkung muss man sich vergegenwärtigen, dass das Fleisch kein einheitlicher Nahrungsstoff ist, sondern ein Gemenge von N-haltigen und N-freien Stoffen. Unter letzteren kommt in dem Fleische wie immer nach langem Lagern und bei magerem Fleische überhaupt nur der Fettgehalt in Betracht.

Das Fleisch, als Futter betrachtet, hat also eine Wirkung, weil es N-haltige und N-freie Stoffe in den Körper bringt; wir haben also die Wirkung zweier Unbekannten. Früher verzichteten wir auf den Versuch, bei dem Fleische diese beiden Unbekannten zu trennen, für unsere jetzige Aufgabe ist diese aber unerlässlich und auch ausführbar. Der Werth des Fettes geht aus einem Versuche dieser Reihe zu 12·7% hervor, d. h. 100 Cal. eingeführten Fettes erzeugen ein Mehr von 12·7 Cal. an Wärme, dieser Werth ist unabhängig von dem Thiere wie seiner Grösse u. s. w. Aber man könnte sagen, hier liege auch wieder ein gemischter Werth vor, da ja der gefütterte Speck etwas Eiweiss enthielt. Wenn man sich aber die Quantitätsverhältnisse näher betrachtet, scheidet dieser Factor aus der Rechnung. Wir kehren zur Berechnung der Fleischwerthe zurück.

Bei annähernd 100% Zufuhr von Fleisch geben die beiden Reihen

I	121·2% Zufuhr,	davon:	109·8 Fleisch
II	118·1% „	„	110·7 „
Mittel	119·6% Zufuhr,	davon:	110·1 Fleisch.

Unter dem Einflusse dieser Zufuhr nahm die Wärmebildung im Mittel um 36·7% zu = 119·6% Zufuhr.

Nehmen wir vorläufig eine proportionale Wirkung an, so wären für 100% Zufuhr (= dem Bedarf) 30·74% Wärmezuwachs zu erwarten.

Das Fleisch aber bestand zu 92·06% aus Fleisch im engeren Sinne und zu 7·94% aus Fett.

Wenn 110% Fett die Wärme um 12·7% steigern, so können 7·94% nur mit $7{\cdot}94 \times 0{\cdot}127 = 1{\cdot}01$ wirken.

Wenn man ein Thier statt mit 100% Fett, mit 7·94% des Bedarfes gefüttert hätte, so müsste die Wärme um 1·01% gestiegen sein.

Somit haben 92·06% reines Fleisch eine Wirkung von 30·74%
— 1·01%
29·73%

oder 100% reines Fleisch = 32·28%.

In ganz analoger Weise berechne ich die Versuchsreihen mit $^2/_3$ des Bedarfes der Zufuhr an Fleisch. Dabei wird sich zugleich zeigen müssen, ob eine analoge Wirkung auch dieser kleinen Mengen vorliegt, und ob es angebracht ist, eine Proportionalität der Wirkung zu erwarten.

Wir haben als Zufuhr:

I. Reihe	70·4% des Bedarfes	60·42% Eiweiss
II. „	69·0% „ „	63·20% „
Mittel	69·7% des Bedarfes	61·81% Eiweiss.

Die Zufuhr bestand zu 88·68% aus reinem Fleisch und 11·32% aus Fett.

Die Wärmesteigerung war + 19·3% gegenüber dem Hungerzustande.

Wenn nun 69·7% des Bedarfes der Steigerung 19·2% machen, so würden 100% des Bedarfes = 27·69% Wärmezuwachs ergeben haben.

Von diesem Zuwachs wären dann, da die Kost zu 11·32% aus Fett besteht, $11{\cdot}32 \times 0{\cdot}12{\cdot}7 = 1{\cdot}44\%$ abzuziehen

27·69%
— 1·44%
26·25%,

welchen die 88·68% Eiweiss allein zukommen, = 29·60% für reines Muskelfleisch.

Somit haben wir gefunden:

I. Reihen mit Ueberschuss an Zufuhr über den Hungerbedarf = 32·28%
II. „ „ kleiner Zufuhr . . . . . = 29·60%

Wenn man die Schwierigkeiten und unvermeidlichen Fehler dieser complicirten Versuche ins Auge fasst, so kann man sagen, dass die Uebereinstimmung eine ganz befriedigende ist.

Ich habe demnach beweisen können, dass das Fleisch eine Mehrung der ganzen Wärmeproduction des Tages um 30·94% hervorruft, wenn man nach Ausschluss der chemischen Regulation so viel reicht, dass gerade dem Hungerbedarfe entsprochen wird.

Die specifische Wärmemehrung durch das Fleisch ist also eine ganz enorme. Denn eine Variation eines biologischen Vor-

ganges wie die Wärmebildung darstellt, um über 30% darf man in der That so bezeichnen.

Wenn ich auch diese Zahlen für ganz sicherstehend halte, denn sie gründen sich auf den Vergleich von sechstägigen Perioden, so habe ich doch noch aus meinen älteren Versuchen einige auswählen können, welche den nöthigen Voraussetzungen hinsichtlich der Berechnungsweise entsprechen, und welche mir namentlich um deswillen, weil sie zeigen, dass hier nicht individuelle Eigenthümlichkeiten vorliegen, von Bedeutung sind.

Für zwei ausserdem ganz verschieden grosse Thiere kann ich folgende Angaben machen:

I.

An dem grossen, circa 25 *kg* schweren Hunde sind eine grössere Anzahl von Versuchen gemacht worden im Hungerzustande, im Zusammenhange mit Gaben von abundanter Kost (s. o. S. 155, 158).

Da der Hund selbst bei sehr langen Zeitintervallen keine wesentlichen Unterschiede in der Wärmebildung im Hungerzustande aufwies, so kann man die beiden Hungerreihen combiniren:

Pro 1 *kg* wurde an Wärme im Hunger gebildet in 24 Stunden:

Temperatur	11·8°	. . .	40·6 Calorien
„	12·9°	. . .	39·1 „
„	13·4°	. . .	39·6 „
„	15·9°	. . .	36·0 „
„	17·5°	. . .	35·2 „
„	19·5°	. . .	35·2 „
„	27·4°	. . .	30·8 „

Es ist zwar nicht absolut bewiesen, dass das Thier bei 27·4° schon an der Grenze der chemischen Regulation angelangt war, aber nach allen meinen sonstigen Erfahrungen muss ich schliessen, dass es doch im höchsten Maasse wahrscheinlich war, die Grenze der chemischen Regulation sei erreicht und der Hund auf dem Stoffminimum angelangt gewesen.

Ausserdem wissen wir durch den directen Versuch, dass dieses Thier bei verschiedenen Fällen der Fütterung, auf die ich gleich eingehen will, im Zustande der physikalischen Regulation sich befand, somit die auch für Temperatur unter 27·4° gefundenen Werthe, auch bei Steigerung der Temperatur dieselben geblieben wären, ausserdem sind thatsächlich auch mehrere Versuche bei den hohen Temperaturen ausgeführt worden. [1])

Ich will zunächst die das Eiweiss und Fleisch betreffenden Zahlen auswählen.

---

[1]) Steigerung bei 1500 und 910 *g* Fleisch 1885, s. o. physikalische Regulation, S. 157, 158.

Wir kommen nun zu folgender Berechnung:

Gefüttert 1500 [1]) Fleisch = 56·8 Cal. pro Kilogramm Wärmebildung = 45·98
„ 910 [2]) „ = 38·5 „ „ „ „ = 41·35
„ 900 [3]) „ = 36·1 „ „ „ „ = 40·09

daraus ergibt sich

56·8 Cal. Zufuhr geben	45·98		
	— 30·8		
	15·18	Cal. Steigerung	= 26·6% [4])
38·5 Cal. Zufuhr geben	41·35		
	— 31·80		
	11·55	„ „	= 27·7%
36·1 Cal. Zufuhr geben	40·09		
	— 30·80		
	9·29	„ „	= 25·7%

dabei ist Eiweiss und Fett in der Zufuhr berechnet.

Indes habe ich gerade an dem grossen Thiere, ehe ich diese Experimente mit demselben abbrechen musste, eine Serie von Experimenten ausgeführt, die auch für Fett und Kohlehydrate noch maassgebend sein können und hier angeführt sein mögen.

Als die erste Versuchsreihe, welche mir bereits ziemlich rein die specifische Wärmesteigerung vor Augen führte, kann ich eine Serie von Experimenten betrachten, die ich im Anschlusse an eine mehrtägige Fleischfütterungsreihe ausführte.

Bei Variation der Lufttemperatur erzeugte das Thier bei (910 *g*) Fleichkost im Tage: 42·64 Cal. pro Kilogramm
42·83 „ „ „
41·13 „ „ „
41·10 „ „ „

Daran schlossen sich unmittelbar die folgenden Experimente (Tabelle 122).

Nach drei Hungertagen mit variirter Temperatur ein Tag mit 900 *g* Fleisch, der einen wenig geringeren Werth gab als das viertägige Mittel bei 910 *g* Fleisch, nämlich 40·2 *g* gegenüber 41·7 *g*.

Dann folgten zwei Tage mit isodynamer Menge Fett und zwei Tage mit Rohrzucker.

---

[1]) Bei 13·9°. Verbrennungswerth nach der Analyse berechnet. 100 *g* = 98 Cal. 8·4% Fettcalorien, 91·6% Fleischcalorien.

[2]) Bei 19 bis 25°.

[3]) „ 20 „ 21°.

[4]) Das Ergebniss wird das gleiche, wenn man die Procentwärmesteigerung berechnet = 49·2% und die Beziehung der Kost zum Hungerbedarf (30·8 : 56·8) = 186·4%, somit

$$\frac{49{\cdot}2}{186{\cdot}4} \times 100 = 26{\cdot}6\%$$

wie oben.

Tabelle 122.
22. bis 30. Juni 1885.

Tag	Kost	N Harn	N Koth	Summe	C Respiration	C Harn	C Koth	Summe	Eiweiss-C abg.	Calorien aus Eiweiss	Calorien aus Fett oder Kohlehydr.	Summe	pro 1 *kg*	Temperatur
1.	Hunger . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39·65	13·4
2.	„ . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35·10	19·5
3.	„ . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30·82	27·4
4.	900 *g* Fleisch	25·64	0·45	26·09	90·26	15·90	3·04	109·20	22·63	68·73	278·3	956·7	40·2	20·6
5.	93 *g* Spek .	6·10	0·24	6·34	71·57	4·57	1·61	77·75	56·96	158·5	700·6	859·1	36·4	20·3
6.	93 *g* „ .	4·42	0·24	4·66	70·00	3·31	1·61	74·92	59·64	126·5	733·6	860·1	36·4	28·3
7.	220 *g* Rohrzucker .	4·47	0·24	4·71	81·71	3·35	1·61	86·67	71·22 [1]	118·0	676·6	794·7	33·8	23·4
8.	220 *g* Rohrzucker .	3·76	0·24	4·00	89·77	2·82	1·61	94·20	81·1 [1]	100·0	770·0	870·0	36·1	26·0

Wenn ich den Hungerversuch bei 27·4° zum Vergleiche heranziehe, so ist ja nicht bewiesen, aber im höchsten Grad wahrscheinlich, dass das Thier ganz nahe an der physikalischen Regulationszone war, oder sie erreicht hatte.

Auf diesen Werth bezogen wird der Nahrungsüberschuss bei Fleisch = + 19·8%, bei Speck = + 17·5%, bei Rohrzucker = + 19·8%.

Für die Zersetzung bei Ueberschuss an Fleisch scheint es mir wichtiger den vierten, der Hungerreihe vorausgehenden Tag bei 910 *g* Fleisch (im Gleichgewicht) zu wählen, da jedenfalls dieser Werth genauer als der eine Versuch bei 900 *g* (= 35·8 Cal. pro 1 *kg* = + 16·2%), [2]) pro 1 *kg* nehme ich also 41·4 Cal.

Dann hat man als Zuwachs

bei Fleisch . . . . + 34·4%
„ Fett . . . . . + 14·8%
„ Rohrzucker . . + 13·9%.

Berechnet man, wie gross der Wärmezuwachs gewesen wäre, wenn man gerade so viel an Nahrung, als dem Hungerbedarfe entsprach, zugeführt hätte, so hat man

für Fleisch . . . + 29·6%
„ Fett . . . . + 12·6%
„ Rohrzucker . + 10·0%.

Der dynamische Werth für das Fett zeigt sich hier also etwas höher als jener des Kohlehydrates; während meine ersten Versuche ein grösseres, wenn auch unbedeutendes Mehr zu Gunsten der Kohlehydrate ergeben hatten.

---

[1]) C aus Zucker.
[2]) Gewichtsunterschied.

II.

Aehnliches erhielt ich bei einem anderen, kleinen, 3·8 bis 4 *kg* schweren Hund (Am.): Dieser, langhaarig, hatte bei 25° sein Hungerminimum und lieferte nur 54·2 Cal.

Er erhielt 320 *g* Fleisch pro Tag (bei 20·2°), wobei mit Sicherheit eine regulatorische Einsparung ja nicht mehr in Betracht kam.

$$= 76{\cdot}6 \text{ Cal. pro } 1\,kg.^{1})$$

Im Mittel der beiden ersten Fütterungstage lieferte er 76·4 Cal. pro 1 *kg*.

Somit haben wir eine Steigerung der Wärme um 40·9%.

Die Nahrungszufuhr betrug zum Bedarfe: 142·8%, also für 100% Zufuhr = Bedarf

$$\frac{40{\cdot}9}{142{\cdot}8} = 100 = 28{\cdot}63.$$

Das grosse Thier von 25 *kg* bot im vergleicharen Versuch im Mittel 29·6% Steigerung, das kleine Thier von 5 *kg* im Mittel 28·6%, Gesammtmittel: 29·1%.

Auf reines Fleisch berechnet, würde daraus folgern:

	+ 29·1%	
ab für Fettgehalt des Fleisches . . .	1·1%	(8·4 × 0·127)
bleibt für 91·6% Fleisch	28·0%	
demnach für 100 Cal. reines Fleisch =	+ 30·6%	

statt + 30·9%, wie in dem mit besonderen Cautelen durchgeführten Versuch oben.

Es kann sich also nicht um individuelle Zufälligkeiten handeln, die nur für ein Thier ihre Geltung hätten, hierzu sind die gewählten Grundlagen beweisend genug, vielmehr um einen Einfluss, der von der Grösse des Thieres unabhängig ist und nur von der absoluten Quantität des Nahrungsmateriales bedingt ist.

Wir haben es also mit einer Constanten zu thun; einer gewissen Menge von Calorien in zugeführtem Fleische entspricht ein genau bestimmtes Mehr an Wärmebildung.

Dieser Nachweis ist von grosser theoretischer Bedeutung; wenn es sich um einen einfachen Reiz für Drüsenorgane handeln würde, wäre nicht wohl anzunehmen, dass bei grossen und kleinen Thieren mit ganz verschiedener Lebhaftigkeit des Energieverbrauches die absoluten Wirkungen proportional der Menge der im Fleische eingeführten Energie wären.

Als dritte fundamentale Constante haben wir den Werth für Rohrzucker aufzusuchen.

Als 86·41% des Hungerbedarfes verfüttert wurden, nahm die Wärmebildung nur um 5·0% zu, woraus sich für die Deckung des

---

[1]) Versuch oben S. 107.
Wärmewerth des Fleisches berechnet.

ganzen Bedarfes (= 100) 5·78% Zuwachs ergäbe. Die kleinste Zahl von allen Nahrungsstoffen.

Somit haben wir im Mittel als wärmesteigernde Wirkung — wenn im Zustande der physikalischen Regulation in allen Fällen so viele Calorien zugeführt werden, als dem Hungerbedarfe entspricht —

reines Fleisch . . .	30·9%
Fett	12·7%
Rohrzucker	5·8%.

Die specifisch-dynamische Wirkung des Zuckers ist demnach so gering, dass man die kleine Abweichung geradezu noch als eine Bestätigung der isodynamen Vertretung ansehen würde, wenn es mir nicht in allen eingehend untersuchten Fällen gelungen wäre, doch dieses Wärmemehr zu berechnen.

Der Unterschied fällt also auch hier unzweifelhaft so aus, dass das Fett (Speck) mehr dynamische Wirkung hatte, als die Kohlehydrate (Rohrzucker). Die Differenz ist noch grösser als in den früheren, oben bereits erwähnten Experimenten.

Der Unterschied gegenüber dem in Capitel III bis V Mitgetheilten liegt vielleicht auch in den verschiedenen Versuchsbedingungen begründet, indem hier nicht sehr grosse, dort aber eine sehr erhebliche, den Bedarf bei 15 bis 20° weit überschreitende Menge an Nahrung gewählt worden war. Es wäre nicht unmöglich, dass dadurch eine gewisse Störung der Verdauung bei Thieren, speciell bei den Kohlehydraten erzeugt worden war, durch welche eine kleine Steigerung des Effectes herbeigeführt wurde.

Aber möglicherweise liegen auch noch andere Gründe hierbei vor, über die wir uns erst später äussern können. Ich möchte in der Darstellung ungefähr die Entwickelung des Gedankenganges festhalten, wie er sich bei Verfolgung der Versuche selbst ergeben hat.

Die Ergebnisse betreffs der specifisch-dynamischen Wirkung sind also derartige, dass sie den Gedanken, als seien einzig nur Aenderungen der Drüsenarbeit die Ursache, nicht mehr festhalten lassen, namentlich nicht, insoweit Eiweiss dabei in Betracht kommt.

Wir haben bis jetzt glattweg das Fleisch als Beispiel für die wärmesteigernde Wirkung des Eiweisses genommen. Dies ist bereits im Capitel III als berechtigt anerkannt worden, insoferne als sicher dem Extracte selbst eine solche steigernde Wirkung nicht zuzusprechen ist. Ich habe es aber doch für erwünscht erachtet, nochmals Versuche mit Fleischextract anzustellen, nach Ausschaltung der Wärmeregulation.

Das Ergebniss der von Dr. *Spitta* ausgeführten Experimente entsprach vollkommen meinen früheren Angaben, eine deutliche hiefür in Betracht kommende Mehrung der Zersetzung tritt nicht ein.

Somit scheidet der Fleischextract von den Nahrungsstoffen stickstoffhaltiger Natur aus. Dies ist um so wichtiger, als derselbe nach den Untersuchungen von *Pawlow* eine bemerkenswerthe Einwirkung auf

die Sekretion der Verdauungsdrüsen besitzt. Die verschwindend kleine Mehrung der Kohlensäureproducte, welche *Spitta* an Fleischextracttagen sah, erklärt sich vielleicht, wenn sie nicht auf unvermeidlichen Fehlern des Experimentes beruht, aus den kleinen Resten eiweissartiger Natur, welche im käuflichen Extract enthalten sein können.

Eine Correctur an unseren Resultaten ist deswegen nicht nothwendig, weil ich immer bei Betrachtung der Fleischwirkung nicht von der Totalverbrennungswärme, sondern stets von der physiologischen Wirkungswärme, bei welcher die Beeinflussung durch den Extract schon mit inbegriffen ist, ausgegangen bin.

Das Fleisch besteht aber nicht allein aus Eiweissstoffen, sondern auch noch in einem mehr oder minder großen Antheil aus leimgebender Substanz.

Es wäre also denkbar, dass diese eine andere Werthigkeit besitzt, als die wahren Eiweissstoffe anlangt; sehr wahrscheinlich ist diese Annahme zwar nicht, immerhin wird man die nähere Prüfung der Angelegenheit als wünschenswerth betrachten können. Ich habe daher zur Orientirung eine Versuchsreihe mit Leim ausgeführt.

Verwendet wurde die feine Gelatine, welche man für bakteriologische Zwecke anzuwenden pflegt. Dieselbe enthält noch kleine Mengen von Verunreinigungen, welche als nebensächlich vorläufig ausser Betracht bleiben konnten.

Der Leim enthielt trocken und aschefrei 18·33 N, das Verhältniss von N : C war 1 : 2·67; aus den Analysen von *Mulder, Fremy* würde sich ein Verhältniss von 1 : 2·76 berechnen.

100 *g* lufttrockene Gelatine lieferte[1])	411·7 Cal.
bei 14·56% N; davon im Koth 0·15% N = 9·5 Cal.	
und 14·41% Harnstickstoff = 14·51 × 7·10 = 102·3 Cal., demnach Abfall	111·8 „
bleibt für 14·56% N	299·9 Cal.
und pro 1 *g* N = 20·61 Cal.	

Die Zahl gilt zunächst nur für das angewandte Material, somit werden rund 72·8% oder Calorien des Leimes im Körper ausgenützt.

Vor der Leimfütterung hungerte das Thier zwei Tage, trotzdem frass es von den vorgesetzten 70 *g* Leim (lufttrocken berechnet, mit Wasser zur Gallerte verarbeitet) nur 24 *g*, so dass am nächsten Tage je 3 *g* (frischer) Liebig'scher Fleischextract mit zugegeben wurden, worauf

---

[1]) Der Koth hatte 6·71% N,
36·80% C,
29·9 % Asche.
Im Harn traf auf 1 N 0·60 C
und 1 N 7·10 Cal.
1 *g* trockener, aschenfreier Leim gab 5·151 Cal.
1 *g* „ Koth gab . . . . . 6·054 „

das Thier spontan frass, am fünften Tage musste ein Theil zwangsweise gefüttert werden.

Die Temperatur des Versuchsraumes war 33 bis 33·9° und die Lufttrockenheit eine grosse.

Die Ergebnisse enthält die nachstehende Tabelle:

Tabelle 123.

Tag	Zufuhr	N Harn und Koth	C Respiration	C Harn	C Koth	Summe	C aus Fett	Calorien aus Leim oder Eiweiss	Calorien Fett	Summe der Calorien	Calorien pro 1 *kg*
1.	—	3·26	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.	—	4·32	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.	24 *g* Leim [1]	4·48	26·53	2·63	0·7	29·86	17·9	92·1	220·2	312·3	63·7
4.	70 *g* „ [2]	9·00	32 91	5·34	0·7	38·95	14·9	184·9	183·3	368·3	73·1
5.	70 *g* „ [3]	9·6	30·00	5·70	0·7	36·40	10·8	197·2	132·8	330·0	67·4
6.	—	1·86	24·11	1 36	—	26·17	20·4	46·5	250·5	297·0	60·6

Die Berechnung geschah in der Weise, dass allemal angenommen wurde, der Leim sei in erster Linie zersetzt worden, und wenn in der N-Ausscheidung hiernach sich ein Rest ergab, wurde dieser Rest als N aus Körpersubstanz betrachtet und berechnet.

Nach der ersten Leimgabe stieg die N-Ausscheidung wenig, aber es ist wohl anzunehmen, dass sie ohne die Leimgabe abgesunken wäre. Rapid ist der Abfall nach Leim beim Eintritte des Hungerzustandes. Hier fehlt also das bekannte Nachhinken der N-Ausscheidung nach Eiweissfütterung.

Die Wärmebildung ist an den Leimfütterungstagen, obschon der Leim kaum die Hälfte der nothwendigen Wärmemenge deckt, eine sehr erhebliche.

An den beiden Leimtagen mit reichlicher Fütterung hatte der Hund etwas in den Apparat erbrochen und vielleicht auch Harn dazu gelassen, so dass die Analysen sich nur auf dieses Gemische bezogen.

Da aber für den reinen Leimharn ein Quotient von $0{\cdot}6\left(\frac{C}{N}\right)$, also etwas weniger als im Fleischharn gefunden worden waren, so müssen hiefür noch die entsprechenden Correcturen angebracht werden.

Im Ganzen kamen auf die beiden Tage mit Leimkost (70 *g*) $3{\cdot}23 + 3{\cdot}16 = 6{\cdot}39\,g$ C zu viel. Eine entsprechende Leimmenge hat sich also gar nicht an den Wirkungen betheiligt.

---

[1]) Lufttrocken.

[2]) „ dazu 2 *g* frischen Fleischextract; wirklich aufgenommen 61·7 = 8·98 N.

[3]) Lufttrocken, dazu 3 *g* frischen Fleischextract; wirklich aufgenommen 61·7 = 8·98 N.

100 *g* frischer Leim = 38·9 C, 1 C = 2·6 *g* Leim = 16·64 *g* Leim pro 2 Tage = 8·32 *g* pro Tag.

Der Wärmewerth des zerlegten Leimes der Zufuhr war $\frac{8{\cdot}98 \times 20{\cdot}6}{4{\cdot}9}$ = 37·7 Cal. pro 1 *kg*. Dafür kam mehr an Wärme 70·2 Cal.

— 60·6 „

= 10·2 Cal.

was pro 100 Ueberschuss = 27·1% Wärmezunahme entspräche.

Wenn das Resultat auch nahe an die Ergebnisse mit Fleisch heranreicht, so konnte es doch nicht befriedigen, weil nur ein einziger Hungertag zum Vergleich vorhanden ist, der einen für diesen Hund auffällig hohen Werth ergeben hatte.

Es wurde daher später an einem anderen Thiere der Versuch wiederholt. Der Hund (Fl.) war inzwischen gestorben.

Leider ergaben sich wieder ganz ähnliche Erscheinungen wie bei Hund (Fl.), der sonst völlig reinliche Hund hat jedesmal nach grösseren Leimgaben etwas erbrochen und etwas Harn in das Calorimeter gelassen. Freiwillig nahm er den täglich mit 5 *g* frischen Fleischextract versetzten Leim überhaupt nicht, liess sich aber ohne Widerstreben stopfen.

Inzwischen hatte ich festgestellt, dass der Leim, welcher keineswegs als solcher leicht aufzufinden ist, sich durch Fällen mit Alkohol fast quantitativ aus Harn wiedergewinnen lässt. Controllen mit gewogenen, dem Harn zugesetzten Mengen Leim gaben gute Resultate. Der reine Harn gibt mit dem zehnfachen Volum Alkohol minimale Niederschläge, die allerkleinste Mengen von N enthalten.

Sind Leimmengen im Harn enthalten, die nur 0·07 *g* N für den Tagesharn ausmachen, so erhält man noch erhebliche Niederschläge mit Alkohol. Dieser Fehler liess sich also corrigiren. Im Uebrigen muss das Erbrechen und die Harnentleerung immer nahe dem Ende des Versuches stattgefunden haben, da ja das Thier mehrmals katheterisirt wurde, um diese Harnentleerung unmöglich zu machen.

Man kann sich kaum des Eindruckes erwehren, dass dieses Erbrechen des Thieres möglicherweise ein Abwehract gegen die Ueberwärmung ist.

Dieser Leim gab, was die Resorptionsverhältnisse anlangt, ein etwas anderes Ergebniss als der früher benützte, in dem eine mehr fleischkothähnliche Masse im Darm ausgeschieden wurde, während die Art der Harnausscheidung dieselbe blieb.

Mit Rücksicht hierauf würde der Nutzeffect sich nur zu 18·8 Cal. pro 1 N stellen.

Nämlich 100 *g* Leim[1])		= 411·7 Cal.
ab 14·1 × 7·1 = 100		
+ Koth	37·9	137·9 „
	14·56 N	273·8 Cal.

1 N : 18·8 Cal.

[1]) 1 *g* Leimkoth 4·639 Cal. = 5·86% N; 1 N = 82·4 Cal. 0·46 × 82·4.

Es ist aber wohl zutreffender, die erste Zahl der früheren Versuche zu Grunde zu legen und den Koth getrennt in Rechnung zu stellen.

In nachfolgender Tabelle sind die näheren Daten angeführt. Der im Harn gefundene Leim, der nur am vierten Tage erheblich war, ist von der Einnahme in Abzug gebracht.

Tabelle 124.

Tag	Nahrung	N Harn u. Koth	C Respiration	C Harn	C Koth	C Summe	Eiweiss-C abgezogen	Calorien aus Leim oder Eiweiss	Calorien im Fett	Summe	Pro 1 *kg*
1.	—	1·86	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.	—	3·04	40·2	2·15	0·5	42·8	32·9	76·0	404·7	480·7	66·6
3.	125 *g* Leim, 5 *g* Extract	12·40	53·78	7·14	2·47	63·39	30·3	236·8	372·7	609·5	85·8
4.	125 *g* Leim, 5 *g* Extract	14·15	52·11	8·22	2·47	63·80	26·0	270·2	319·8	590·0	85·9
5.	83·4 *g* Leim, 3 *g* Extract	13·36	46·41	7·74	2·47	56·62	26·8	255·1	255·8	510·9	70·7
6.	—	3·52	34·71	2·57	0·5	37·78	25·9	90·5	319·0	409·5	62 0

An N wurde aufgenommen . . 17·32 *g*
14·22 „
11·51 „
43·05 *g*

In den Ausscheidungen kamen rund 39·8, es mag aber vielleicht noch ein kleiner Theil des offenbar langsam resorbirten Leimes für den nachfolgenden Hungertag zur Verfügung gestanden haben.

$43 \times 20{\cdot}55 = 883{\cdot}6$ Cal. pro drei Tage $= 294{\cdot}5$ Cal. pro Tag.

$$\frac{294{\cdot}5}{6{\cdot}87} = 42{\cdot}9 \text{ pro } 1\,kg \text{ und Tag.}$$

Die Wärmemenge betrug an den Leimfütterungstagen 80·82 Cal. pro Tag, dabei ist aber wegen der grossen C-Ausscheidung dieser Umsatz zu hoch berechnet.

Berechnet man, wie viel mehr Calorien mit dem Kothe ausgeschieden wurden, als in dem gleichen Versuche, den wir früher angegeben haben, so rechnet sich — unter Berücksichtigung der ungleichen Nahrungszufuhr — als Mehr pro drei Tage 85·3 Cal. $= 28{\cdot}4$ Cal. pro einen Tag oder $\frac{28{\cdot}4}{6{\cdot}89} = 4{\cdot}12$ Cal. pro Kilogramm. Sonach war also die Wärmebildung

$= 80{\cdot}82$
$- \quad 4{\cdot}12$
$= 76{\cdot}70$

und das Mehr an Wärme für die Fütterungstage

76·70
— 64·30
12·40

pro 100 Cal. Leimzufuhr (42·9 : 12·40) ein Mehr von 28·9%.

Der erste Versuch hatte 27·1%
dieser zweite Versuch . . . 28·9% an Wärmezuwachs gegeben.
Im Mittel für Leim: 28·0% specifische Wärmebildung.

Der Leim ist wesentlich stickstoffreicher als das Gemenge, das man als Muskelfleisch bezeichnet. Somit wird der N-Gehalt an sich nicht für die Grösse der specifischen Wärmebildung maassgebend sein. Wir haben also hier für den Leim eine specifisch-dynamische Wirkung, welche jene des Eiweiss fast vollkommen erreicht.

Ich will noch erwähnen, dass sich die mächtige Wärmemehrung des Leimes auch in der Wasserverdampfung ausgedrückt hat.

Die tägliche Ausscheidung war:

1.	488
2.	460
Leim	625
	707
	543
Hunger . . .	306

oder pro 1 *kg* bei Hunger 65·1 bei Leim 88·0

63·7	(102·9)
46·4	81·7

Die Hungertage wurden so zusammengelegt, dass die Mittel der beiden Tage vor dem Versuche mit dem Tage nach dem Versuche vereinigt wurden, dann hat man:

Leimtage (alle) . .	90·8
Hunger	55·4
= +	35·4 *g* Wasser pro 1 *kg* nach
=	21 Cal.

und das Mehr an Wärme ist 80·8
64·3
16·5

oder wenn der zweite Leimtag beiseite gelassen wird

Leimtag	85 *g* Wasser
Hunger	55 *g* „
	30 *g* Wasser = 18 Cal.

Es kam also so viel mehr Wärme in der Wasserverdunstung, als dem berechneten Wärmezuwachs entspricht.

Die specifisch-dynamische Wirkung hängt also nicht davon ab, ob ein Eiweissstoff im engeren Sinne vorliegt, sondern wird durch die Anwesenheit der N-haltigen Gruppe in dem Molekül bedingt.

Während des Druckes erscheint eine Arbeit von Dr. Krummacher, in der einige Zahlen, welche hier miterwähnt sind, gleichfalls mitgetheilt werden. Dr. Krummacher findet als Nutzwerth des Leimes pro N 21·69. Es wäre denkbar, dass die weitere Reinigung des Leimes durch Krummacher diese Verschiedenheiten bedingen.

Somit werden Peptone und Albumosen ein gleiches Resultat geben müssen. Der Leim selbst stellt sicher, als mechanischer Reiz besehen, die denkbar geringsten Anforderungen an den Darmcanal und seine Resorption unterliegt auch bei mittlerer Zufuhr keinerlei Schwierigkeiten.

Genau genommen dürfen wir also nur von einer specifisch-dynamischen Wirkung der N-haltigen Nahrungsstoffe sprechen. Mit Rücksicht auf die überwiegende Bedeutung der Eiweissstoffe dieser „Gruppe" mag aber auch fernerhin der Sammelname „Eiweiss" gebraucht werden, nachdem durch diesen Hinweis kurzweg dargelegt ist, dass wir durch die Gruppenbezeichnung nicht „Eiweiss" im engeren Sinne meinen.

Für die Frage des N-Ansatzes sind freilich zwischen der Leim- und Eiweissgruppe grosse Verschiedenheiten vorhanden, indem erstere eben allein nach der zur Zeit geltenden Anschauung zum Ansatz gelangen kann; daher fällt auch für den Leim jene Wärmesteigerung bei langdauernder Fütterung weg, welche wir bei überreichlicher Eiweisszufuhr in engerem Sinne als secundäre Nahrungswirkung bezeichnen konnten.

Welche Unterschiede hieraus bei langdauernden Leimfütterungen sich ableiten würden, können wir nicht entscheiden, da solche Experimente durch die Nahrungsverweigerung der Thiere bald ihren Abschluss finden. Die Erscheinungen nach Leimfütterung spielen also selbst bei dem Fleischfresser nur vorübergehend eine Rolle.

Für die Deckung des Stoffbedarfes und für Mengen, die darunter liegen, haben wir die vorstehenden Zahlen gewonnen. Da uns aber das Wesen des wärmesteigernden Vorganges noch nicht klar vor Augen liegt, so halte ich es für wünschenswerth, noch weitere unter anderen Umständen ausgeführte Experimente heranzuziehen.

Wie verhält es sich, wenn man die Nahrung wirklich weit über den Bedarf steigert, so dass ein erheblicher Ansatz zur Folge ist?

Für die Kohlehydrate habe ich einen Versuch mit Rohrzucker ausgeführt, der so eingerichtet war, dass nach zwei Hungertagen vier Tage mit ausschliesslicher Rohrzuckerfütterung folgten. Dann wieder ein Hungertag. Spontan nahm der Hund nur am ersten bis dritten Tage den Zucker auf, am vierten Tage musste derselbe ihm eingegeben werden, aber es stellte sich bald Erbrechen ein und

schliesslich wurde der grösste Theil des Zuckers unter grosser Unruhe des Thieres erbrochen, so dass auf einen brauchbaren Versuch verzichtet werden musste.

An allen Zuckerfütterungstagen war alimentäre Glykosurie vorhanden, und zwar nur Rohrzucker im wesentlichen nachzuweisen. Der Harn enthielt mehrere Procent Zucker, der nach Invertirung nach Allihn bestimmt wurde. Diese Ausscheidung wurde von der Berechnung der Einnahmen in Abzug gebracht.

Auffallend war der am letzten Hungertage nicht unerhebliche Abfall der Wärmebildung, wobei man allerdings berücksichtigen muss, dass das Thier ziemlich abgemagert war. Die N-Ausscheidung fiel unter Zuckerfütterung rapid ab, stieg aber auch am Tage, an welchem erbrochen wurde, und am darauffolgenden completen Hungertage nur langsam an.

Tabelle 125.

Tag	Zufuhr	N im Ganzen	Respiration	C im Harn[1]	C im Koth[2]	Summe	C aus Fett oder Kohlehydrat	Ansatz	Calorien		Summe
									Eiweiss	Fett oder Kohlehydrat	
1.	0	1·92	20·62	1·33	0·9	422·8	16·54	—	48·0	203·4	251·4
2.	0	1·82	20·72	1·26	0·9	22·88	16·91	—	45·5	208·0	253·0
3.	85 *g* Zucker	0·91	25·11	0·59	0·9	26·60	23·62	10·18	22·7	224·4	247·1
4.	110 *g* „	0·72	26·89	0·45	0·9	28·24	25·88	17·81	18·0	245·9	263·9
5.	110 *g* „	0·56	26·70	0·33	0·9	27·92	26·08	17·61	14·0	247·7	261·7
6.	120 *g* „	0·53	21·13	0·32	0·9	22·35	20·61	6·70	13·2	—	—
7.	0	0·69	17·92	0·42	0·9	19·24	16·98	—	17·2	208·8	226·0

Die Tabelle enthält die direct verfütterten Zuckermengen, von denen für die weitere Berechnung der Verlust im Harn abgezogen werden wird.

Die Wasserdampfabgabe aller Hungertage war im Mittel 178 *g*, die der Zuckertage 218 *g*, wobei aber zu bemerken ist, dass an zwei der letzten zu Ende des Versuchstages der Hund etwas Harn im Calorimeter gelassen hatte, von dem noch ein Theil des Wassers verdampft sein konnte. Jedenfalls ist auch aus der geringen Wasserdampfzunahme zu ersehen, dass die Wärmebildung nur unwesentlich gestiegen sein konnte; denn bei dieser hohen Temperatur macht sich jede Mehrung der Wärmeproduction, wesentlich in der Wasserdampfabgabe bemerkbar. Auffallend gross waren die Körpergewichtsschwankungen, als der Hund erbrochen hatte, also kein Wasser aufgenommen hatte.

---

[1]) Der Zuckerkohlenstoff direct bestimmt, hier nur der wahre Werth des Harn-C berücksichtigt.

[2]) Für die ganze Reihe bestimmt.

	Pro 1 *kg* Calorien In der Wasserdunstung	Rest
(1 + 2) Hunger	24·0	30·5
Zucker	27·9	27·8
„	31·1	28·1
„	33·0	25·2
Hunger	22·6	28·2
Im Mittel:		
Wasserverdunstung, Hunger .	23·6	29·3
„ Zucker .	30·7	27·1

Die weiteren Mittelzahlen habe ich in folgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 126.

Hungerbedarf	Zersetzung	Zuwachs an Wärme	Nahrung pro 1 *kg*	Ueberschuss über den Hungerbedarf	Wärmezuwachs pro Hungerbedarf	Mittel
53·5	55·66	+ 4·0	72·6	+ 35·7	2·94	5·36
52·5	59·17	+ 12·7	93·9	+ 78·8	7·71	
52·0	58·16	+ 11·6	93·9	+ 80·6	6·04	

Auf eine dem Hungerbedarf gleiche Nahrungszufuhr würden sich demnach sehr geringe Zuwüchse berechnen. Die einzelnen Werthe weichen voneinander ab, aber es sind eben überhaupt sehr geringe Wärmemehrungen erhalten worden. Es wäre aber denkbar, wenn auch nicht zu beweisen, dass vielleicht die Vergleichsbasis des Hungerbedarfes schon gleich bei den Zuckergaben kleiner geworden ist, oder dass an diesen Tagen die Resorption etwas verlangsamt war und in den ersten Stunden noch Fett vom Körper abgegeben wurde. Lässt man aber auch derartige Discussionen beiseite, so erhält man im Mittel 5·4% Wärmezuwachs, was mir unter den obwaltenden Umständen zu beweisen scheint, dass grössere Ueberschüsse, die hier einen täglichen Ansatz von 10·2, 17·18, 17·6 *g* C [1]) zur Folge haben, in ihrer specifischen Wärmemehrung ähnlich wirken wie kleinere Dosen des Nahrungsstoffes.

Die hier verabreichten Zuckermengen sind weit kleiner als meine Kohlehydratgaben der älteren Reihen, denn hier wird ja durch die Zuckergaben nur der Bedarf bei 33° überschritten, während früher die Ueberschüsse auf den Bedarf von 15 bis 20° berechnet waren. Die Ansprüche an den Darmcanal waren also hier viel geringer als damals. Die Versuche mit Zucker an Hunden haben aber fast stets grosse

[1]) Pro 1 *kg* rund 3·46 C-Ansatz.

Schwierigkeiten zu überwinden, da dieselben die einseitige Ernährung nicht nur verweigern, sondern die Zwangskost auch oft nicht ertragen.

Für Fett kann zunächst für diese Frage der Versuch vom 12. und 13. Juni 1901 herangezogen werden, wobei 98 *g* Speck = 907·1 Cal. zugeführt wurden = 173·9 Cal. pro 1 *kg*. Der Hungerbedarf war nach den unmittelbar vorausgehenden vier Hungertagen 54·22 Cal. pro 1 *kg*. Die Wärmebildung

am 1. Tage 66·9 Cal. pro 1 *kg*
„ 2. „ 75·9 „ „ 1 *kg*

worin der Unterschied zu suchen war, lässt sich nicht sagen, pro 1 *kg* kamen täglich 9·2 *g* Fett-C zum Ansatz.

Hungerbedarf	Zersetzung	Wärmezuwachs	Nahrung pro 1 *kg*	Relation zu Hungerbedarf	Wärmezuwachs berechnet auf den Hungerbedarf
54·2	71·4	+ 31·8%	173·9	320·9	+ 9·9%

Die Uebereinstimmung ist mit Rücksicht auf den enormen Ueberschuss eine befriedigende, zumal nicht ausgeschlossen werden darf dass das Mittel der Zersetzung durch den kleinen Werth des ersten Tages beeinflusst wird.

An dem nämlichen Thiere wurden in derselben Reihe auch Fütterungen mit 530 *g* Fleisch vorgenommen, welche nach den Analysen 478·4 Cal. entsprachen = pro 1 *kg* 92 Cal. Da der Hungerbedarf unmittelbar nach den Fleischtagen bestimmt wurde, steht er sicher, er war = 54·2 Cal. An den Fleischtagen wurde die Temperatur variirt und schwankte, zum Zwecke der Versuche, zwischen 4 bis 26°. Nimmt man die beiden Tage zum Vergleiche heraus, in welchen das Thier sichere, gleichmässige Resultate gab, so erhalten wir 82·4 Cal. pro 1 *kg*. Die Rechnung ergibt sonach:

Hungerbedarf	Zersetzung	Wärmezuwachs	Nahrung pro 1 *kg*	Relation zu Hungerbedarf	Wärmezuwachs berechnet auf den Hungerbedarf
54·2	82·4	+ 52·0%	92·0	+ 69·7	+ 30·7

Von den Calorien der Zufuhr waren 8·02% im Fett, 91·98% im Fleische selbst. Also ähnliche Verhältnisse wie in den anderen von mir verwendeten Fleischsorten.

Die Durchrechnung der Versuche mit überschüssiger Kost gibt demnach sehr wenig abweichende Resultate von den anderen Untersuchungen. Ich habe somit bewiesen, dass sowohl bei Fütterungen, die unterhalb des Hungerbedarfes liegen, als solchen, die mit diesem übereinstimmen und solchen, die diesen Bedarf unter erheblichem Ansatz an

Nahrungsstoff am Körper bedeutend überschritten, die specifische Wärmemehrung dieselbe ist.

In analoger Berechnung, wie für die anderen Fälle, würde sich für den obigen Fleischversuch ergeben:

Wärmesteigerung	30·7
Ab für Fett	1·0
Für 92 Cal. reines Fleisch	29·7
Für 100 Cal. reines Fleisch	**32·2** Zuwachs.

Am nämlichen Hunde derselben Reihe ergab sich also für 100 Cal. als Wärmezuwachs:

Versuche mit kleinster Nahrungszufuhr	29·7
„ „ annähernd genügender . .	32·3
„ „ starkem Ueberschuss . .	32·2.

Die dynamische Wirkung ist also innerhalb weiter Grenzen, so wie sie überhaupt in Frage kommen können, die gleiche.

Diese Zahlen sind ein Ausdruck dafür, dass der Körper bei der hohen Lufttemperatur, welche der Bluttemperatur nahe steht, andere Functionen äussert als bei niederer Temperatur. Ein eiweisszersetzendes Thier ist etwas anders geworden, wie ein fett- oder kohlehydratzersetzendes. Das Wärmegleichgewicht, das sonst bei jeder Art der Fütterung wechselweise besteht, ist zum Theile aufgehoben.

Die besonderen Functionen der Stoffe müssen durch geeignete Zulagen an wärmespendendem Material ausgeglichen werden.

Wenn man den Mindestconsum an energetischem Material als ökonomisch bezeichnet, so ist also das Kohlehydrat der ökonomischeste Nahrungsstoff und annähernd ebenso das Fett.

Das Fleischeiweiss ist aber ein Nahrungsstoff, der bei ausgeschalteter chemischer Regulation in enormem Grade die Verbrennung steigert.

Die vorstehenden Versuche bestätigen das, was ich früher über die specifische Wärmebildung schon gesagt habe und worauf ich schon im Jahre 1885 hingewiesen habe. Aber in vollem Umfange haben erst die vorliegenden Experimente gezeigt, um welch grosse Unterschiede es sich dabei handelt. Die chemische Regulation hat in meinen früheren Experimenten einen grossen Theil der Wirkung noch verdeckt, die jetzt klar zu Tage liegt.

Die N-freien Stoffe sind danach aufs evidenteste diejenigen Nahrungsstoffe, deren Gabe sich am besten mit der Einwirkung hoher Temperaturen verträgt, und man kann wohl sagen, dass diese meine Ergebnisse in der That ein klares Licht verbreiten über die klimatische Wahl der Nahrungsmittel, ja über die Wahl derselben in der Kost des Menschen als desjenigen Wesens, dessen Bestreben im Anschluss an das Behaglichkeitsgefühl dahin geht, sich in den Grenzen der physikalischen Regulation und unter den thermischen Bedingungen der

Kleidung wohl zu fühlen. Und nicht zuletzt kann man wohl auch die alte klinische Erfahrung über die bei Fieber zu wählende Kostform hiernach erst verstehen.

Man kann also bei ausgeschalteter chemischer Wärmeregulation mit keinem Nahrungsstoff ein Kraftwechselgleichgewicht herstellen, wenn man nur so viel an Calorien reicht, als dem Hungerbedarf entspricht.

Freilich sind im Hinblick auf die praktischen Consequenzen die Unterschiede für die N-freien Stoffe nicht erheblich, dagegen gewaltig bei dem Fleisch.

Der Hungerstoffwechsel bietet also unter diesen Umständen nicht mehr das Maass des Mindestbedarfes wie bei mittleren und niedrigen Temperaturen.

Wenn ein Gleichgewicht der Einnahmen und Ausgaben erzielt werden soll, so muss mehr an Stoffen, als dem Hungerbedarf entspricht, gereicht werden, mehr deshalb, weil eben die specifische Wärmemehrung ersetzt und abgeglichen werden muss.

Diesen Zustand, bei dem eben ein solches Gleichgewicht der Einnahmen und Ausgaben besteht, und zwar das niedrigste, welches bei den gegebenen Temperaturen möglich ist, nenne ich das Fütterungsminimum.

Bei jeder Temperatur wird die Grösse des Fütterungsminimums eine bestimmte sein, wie sich eben aus der dynamischen Wirkung und der einsparenden Regulation ableitet.

Bei den einzelnen Temperaturen kann das jeweilige Fütterungsminimum entweder mit dem Hungerminimum zusammenfallen oder von diesem verschieden sein.

Denkt man sich den durch verschiedene Nahrungsstoffe gedeckten Kraftwechsel je als besondere Curve aufgetragen, so sind diese Curven bei niedrigen Temperaturen alle identisch mit den Hungercurven, trennen sich aber später von mittleren Temperaturen von ersteren ab. Die Eiweisscurve verliert sich am frühesten in eine Parallele zur Abscissenachse, später das Fett und am spätesten die Kohlehydratcurve.

Daraus folgt dann, dass mit weiter steigender Temperatur zuerst das Eiweiss zur Hyperthermie führt, dann das Fett, am spätesten das Kohlehydrat.

Bei allen näher untersuchten Thieren gelangt man, von niederen Temperaturen ausgehend, mit steigender Luftwärme an einen Punkt, von welchem ab ein Stoffwechselminimum auf mehr oder minder grosse Temperaturbreite hin bestehen bleibt.

Dieser Ernährungszustand stellt also denjenigen Werth dar, welcher der kleinste ist, mit welchem ein Thier im Nahrungsgleichgewicht bleiben kann, man könnte von einem absoluten Fütterungsminimum sprechen. Dieser Werth ist aber für die verschiedenen Nahrungsstoffe kein einheitlicher; hinsichtlich der Nahrungsgemische werden wir später Einiges angeben.

Das absolute Stoffwechselminimum oder der minimalste Stoffverbrauch, wie ich diesen Grenzwerth genannt habe, ist ein wichtiger biologischer Grenzpunkt, da er bei dem niedrigsten Temperaturgrad, bei welchem er besteht, die Scheide zwischen chemischer und physikalischer Regulation bildet.

Mit ihm enden jene eigenthümlichen Regulationsvorgänge, welche eine Besonderheit des Warmblüters ausmachen.

Nach den beim Menschen gemachten Beobachtungen liegt unser thermischer Behaglichkeitszustand etwa höher noch als die unterste Grenze des Stoffwechselminimums.

Unter abundanter Kost haben wir demnach nicht nur die Ueberschreitung des Hungerbedarfes in der Zufuhr zu verstehen, sondern in den geeigneten Fällen und allgemein gesagt die Ueberschreitung des Fütterungsminimums.

Nur jener Nahrungsantheil, der das Fütterungsminimum überschreitet, kann zum Ansatz im Sinne der Gesammtkraftbilanz führen.

Schon die im Jahre 1887 von mir publicirten Versuche an Meerschweinchen[1]) ergaben, dass das Stoffwechselminimum anders liegt als das Hungerminimum (bei 20 bis 22° gegenüber 30° bei letzterem), doch beschränkten sich die damaligen Versuche nur auf Angaben über Thiere, welche das übliche Futter aufgenommen hatten, während jetzt ein Einblick in die verschiedenen Fütterungsweisen möglich ist.

Die vorliegenden Zahlen müssen aber noch nach einer anderen Richtung hin einer eingehenden Untersuchung unterzogen werden. Es ist wichtig, der Frage des Fütterungsminimums noch näher zu treten. Der Ausdruck bedeutet in anderer Formulirung jenen Zustand, in welchem die aufgenommenen Nahrungsstoffe eben die volle Erhaltung des Individuums im Energiegleichgewichte, ohne Ansatz, ohne Verlust gewährleisten; die gefütterte Kost ist biologisch gleichwerthig mit jenem Energieverbrauch, wie ihn das Thier unter denselben Bedingungen durch die im Hungerverbrauch zerstörten Stoffe erzielt.

Bei niederen und mittleren Temperaturen haben wir eine physikalische Gleichwerthigkeit der Nahrung mit dem biologischen Bedarf, bei hohen Temperaturen eine biologische Gleichwerthigkeit, aber keine physikalische.

Bei hoher Temperatur arbeitet der hungernde Körper etwas sparsamer als der genährte.

Die nähere Bestimmung des Fütterungsminimums ist unsere nächste und wichtigste Aufgabe.

Hat auch die Bestimmung dieser Verhältnisse für die praktische Ernährung der Thiere im Gleichgewichtszustande wenig Bedeutung, da sie zumeist nicht unter der hohen Lufttemperatur und bei ausgeschalteter Regulation leben, so kommt der Frage doch die höchste theoretische Bedeutung zu.

---

[1]) Biolog. Gesetze, Marburg.

Das Fütterungsminimum habe ich erst auf Grund meiner mitgetheilten Versuche durch Rechnung darzulegen. Das Fütterungsminimum ist nicht identisch mit den Zahlen über die specifische Wärmemehrung der Nahrungsstoffe, die wir eben mitgetheilt haben, vielmehr haben wir erst aufzusuchen, bei welchen Quantitäten der Zufuhr ein Gleichgewicht des Kraftwechsels eingetreten wäre. Diese Grenze lässt sich unschwer durch Rechnung finden.

Geben wir bei Rohrzucker für 100 Bedarf 100 Cal., so hat man folgende Reihe:

Zufuhr	Wärmebildung
100	106
106	106·4
106·4	106·42

Dieses Minimum, mit dem sich ein dauerndes Gleichgewicht erzielen lässt, nenne ich Fütterungsminimum. Bei dem Kohlehydrat ist das Fütterungsminimum schnell erreicht. Grösser werden die Differenzen bei Fett; wir geben für 100 Hungerbedarf 100 Cal., dann wird sich zeigen:

Zufuhr	Wärmebildung
100	112·7
112·7	114·3
114·3	114·5
114·5	114·55

Das Fütterungsminimum liegt bei einem Ueberschuss von 14·5% über dem Hungerbedarf.

Am meisten muss natürlich bei Eiweiss an Ueberschuss über das Hungerminimum gegeben werden; wir haben:

Zufuhr	Wärmebildung
100	130·9
130·9	137·3
137·3	139·3
139·3	139·9
139·9	140·1
140·1	140·2

Während für die dynamische Steigerung, welche gleiche Calorienmengen im Körper hervorrufen, die Relationen gelten

Zucker	100
Fett	106·1
Eiweiss	123·7

rücken im Fütterungsminimum bei hoher Temperatur die Wärmemengen in relativer Zahl noch weit auseinander, denn wir haben:

Zucker	100
Fett	107·6
Eiweiss	131·7

Das Fütterungsminimum ist demnach verschieden von der specifisch-dynamischen Wirkung der Nahrungsstoffe.

An dieser Stelle scheint es mir gerechtfertigt, nochmals die älteren Experimente, welche ich im Jahre 1885 veröffentlicht habe, kritisch zu betrachten. Dieselben waren bei mittlerer Temperatur 15 bis 16° und mit grossen Nahrungsüberschüssen ausgeführt, d. h. 50 bis 150% mehr an Energiezufuhr, als dem Hungerzustande entsprach. Mit Bezug hierauf können sie demnach als solche angesehen werden, welche nicht die specifisch-dynamische Wirkung, sondern die Gleichgewichtswerthe angeben. Bedenken lagen bei diesen Experimenten vor allem gegen die Ergebnisse bei sehr grossen Mengen von Kohlehydratzufuhr vor, da nach meinen anderweitigen Erfahrungen am Hunde unbedingt Fettbildung aus Kohlehydraten eintritt, ein Vorgang, welcher nicht anders erklärt werden kann, als dass dabei als Nebenwirkung CO_2 abgespalten wird, deren C bei üblicher Berechnung solcher Ueberfütterungsversuche als Kohlehydrat-C in Rechnung gesetzt wird und werden muss, indes seiner Abspaltung jedenfalls eine viel geringere Verbrennungswärme zukommt, vielleicht sogar eine völlig acalorische Abspaltung vorliegt.

Ich halte es für ausgemacht, dass Ueberfütterungen mit 140 bis 150% Kohlehydrat beim Hunde unbedingt zur Fettbildung führen.

In der That zeigten bereits meine älteren Versuche die Eigenthümlichkeit, dass bei kleineren Ueberschüssen die Kohlehydrate etwas weniger specifische Wärmebildung aufwiesen als Fett, bei grossen Ueberschüssen aber letzteres überflügelten. Sie stehen also mit dem eben gegebenen Erklärungsversuche wohl in Einklang.

In Cap. IX, S. 150, habe ich eine Gleichung angegeben, welche nach den dortigen Ausführungen erlaubt, aus Versuchen, welche unter vergleichbaren Verhältnissen mit ungleichen Mengen von Nahrungsstoffen angestellt sind, ihre specifisch-dynamische Wirkung für den Gleichgewichtszustand zu berechnen.

Ueber derart im strengsten Sinne vergleichbare Versuche verfügte ich in den früheren Experimenten nur in sehr geringer Zahl; aber es ist nicht nothwendig, dass man von den directen Werthen der Experimente ausgeht.

Ich habe folgende relative Werthe angegeben: Für 128% Ueberschuss findet man eine Wärmesteigerung:

Bei Fleisch	+ 46·0%
„ Fett	+ 13·0%
„ Kohlehydraten	+ 16·6%

Bei 50% Ueberschuss:

Für Fleisch . . .	+ 19·0%,	beziehungsweise	+ 18·4%
„ Fett	+ 4·0%,	„	+ 3·0%
„ Kohlehydrate	+ 3·9%,	„	+ 3·5%

Die letzten Angaben beziehen sich auf zwei verschiedene Zusammenstellungen, deren zweite die genauere ist.

Hieraus lässt sich die specifisch-dynamische Wirkung rechnen, zuerst gilt es festzustellen, wie viel von der Nahrungswirkung durch die compensatorische Einsparung gedeckt ist.

Wenn x diese durch die Wärmeregulation verdeckte Wärme ist, A und B die Zahl der Calorien (hier = der Zufuhr z. B. pro 50% Ueberschuss = 150, pro 131% Ueberschuss = 231) a und b die Wärmemehrung (das Mehr über 100), so hat man:

$$x = \frac{b\,A - a\,B}{B - A}$$

Hat man x = eingesparte Wärme berechnet,[1]) so ist $a + x$ oder $b + x$ die Gesammtsumme der Wärme, welche durch die specifische Wirkung der Nahrung entsteht, also

$$A : a + x = 100 : y$$

wenn y = specifische Wirkung in Procent ausgedrückt.

So findet man dann im Mittel:

Für Fleisch	35·6
„ Fett	11·4
„ Kohlehydrat . . .	16·8

Das Fleisch besteht aus 91·7% reiner Muskelmasse[2]) und 7·9% Fett, also von

35·6 geht ab
0·9
= 34·7

pro 91·7 reines Fleisch demnach = 37·84 pro 100 Cal. reines Fleisch.

Die Zahlen sind also den nach der späteren Methode gewonnenen sehr nahestehend, wenn man von den Kohlehydraten absieht, deren Werth zu hoch ist und erwägt, dass für die maximale Fleischmenge nur zwei etwas differirende Versuche zur Berechnung stehen und die Wirkung mit einmaliger Fütterung nicht einen vollkommenen Ausgleich gibt.

Die Versuche können also in grossen Zügen als Bestätigung meiner anderen Angaben dienen.

---

[1]) Im speciellen Fall für Fleisch:

$$\frac{46 \times 1500 - 19{\cdot}228}{78} = x$$

6900
— 4195
= 2705

$$\frac{2705}{78} = 34{\cdot}7 = x$$

$a + x = 19 + 34{\cdot}7 = 53{\cdot}7$
demnach $A : a + x = 100 : y$
$150 : 53{\cdot}7 = 100 : y = 35{\cdot}8$ pro 100 *g* Fleisch.

[2]) Für diese Fleischsorte.

Man kann noch prüfen, um wie viel bei den maximalsten Gaben von Kohlehydrat zu viel als Wärmeüberschuss gekommen ist.

Knüpft man an die Zusammenstellungen mit abundanter Kohlehydratkost an, so kamen

bei 50% Ueberschuss + 3·5% mehr an Wärme
„ 128% „ + 11·6% „ „ „

Berechnet man aber die wirklich der Kohlehydratzersetzung nach meinen späteren Versuchen zuzumessende Wärmesteigerung (für das Gleichgewicht), ausgehend davon, dass 100 Cal. = + 6·4 Cal. Wärmemehrung geben, so genügen die obigen gegebenen Gleichungen, um festzustellen, dass auf Grund dieser Werthe die Wärmesteigerung nur

+ 1·2% bei 50%
+ 6·2% „ 128%

betragen dürfte.

Die Differenzen zwischen dem wirklichen Befund + 3·5, + 16·6, sind im ersten Falle so minimal, dass sie, falls nicht regelmässig die Beobachtungen nach dieser Richtung fielen, als innerhalb der Versuchsfehler bezeichnet werden mussten. Anders dagegen bei dem sehr grossen Ueberschuss.

Hier kann die Differenz nur in dem Fettansatz aus Kohlehydrat und überschüssiger Abgabe von CO_2 liegen. Wenigstens ist dies die einzige befriedigende Erklärung.

Man hat bekanntlich die Vermuthung ausgesprochen, dass die Fettbildung aus Zucker nach folgender Formel vor sich gehen könne.

$$13\,C_6\,H_{12}\,O_6 = C_{55}\,H_{114}\,O_6 + 23\,CO_2 + 26\,H_2\,O$$

Die Basis, auf welche sich diese Angabe stützt, ist freilich nicht exact genug, denn sie hat als Thatsache nur die Erfahrung verwendet, dass nach Zuckergabe der Quotient zeitweise über 1 steigen kann, dass also CO_2 ohne wahre Oxydation abgeschieden werden kann.

Auch die Ausscheidung von Kohlensäure, welche an der Oxydation sich nicht betheiligt hat, ist eine Voraussetzung, welche um so ausgiebiger berücksichtigt werden muss, mit je geringerem Energieverlust man sich das Kohlehydrat in Fett umgewandelt denkt. Ohne einen Energieverlust kann aber eine solche Umwandlung gar nicht vor sich gehen und in diesem Sinne ist es daher auch nicht richtig, von einer Ausscheidung acalorischem CO_2 zu reden, nur kleinere Calorienwerthe als normal entfallen auf sie, allerdings ohne gleichzeitige O-Aufnahme, wie man annimmt.

Die obige Gleichung würde etwa 94·8% Ausnützung der Energie bei der Umwandlung in Fett entsprechen, oder der Bildung von 41·7 Theilen Fett aus 100 Theilen Stärke.

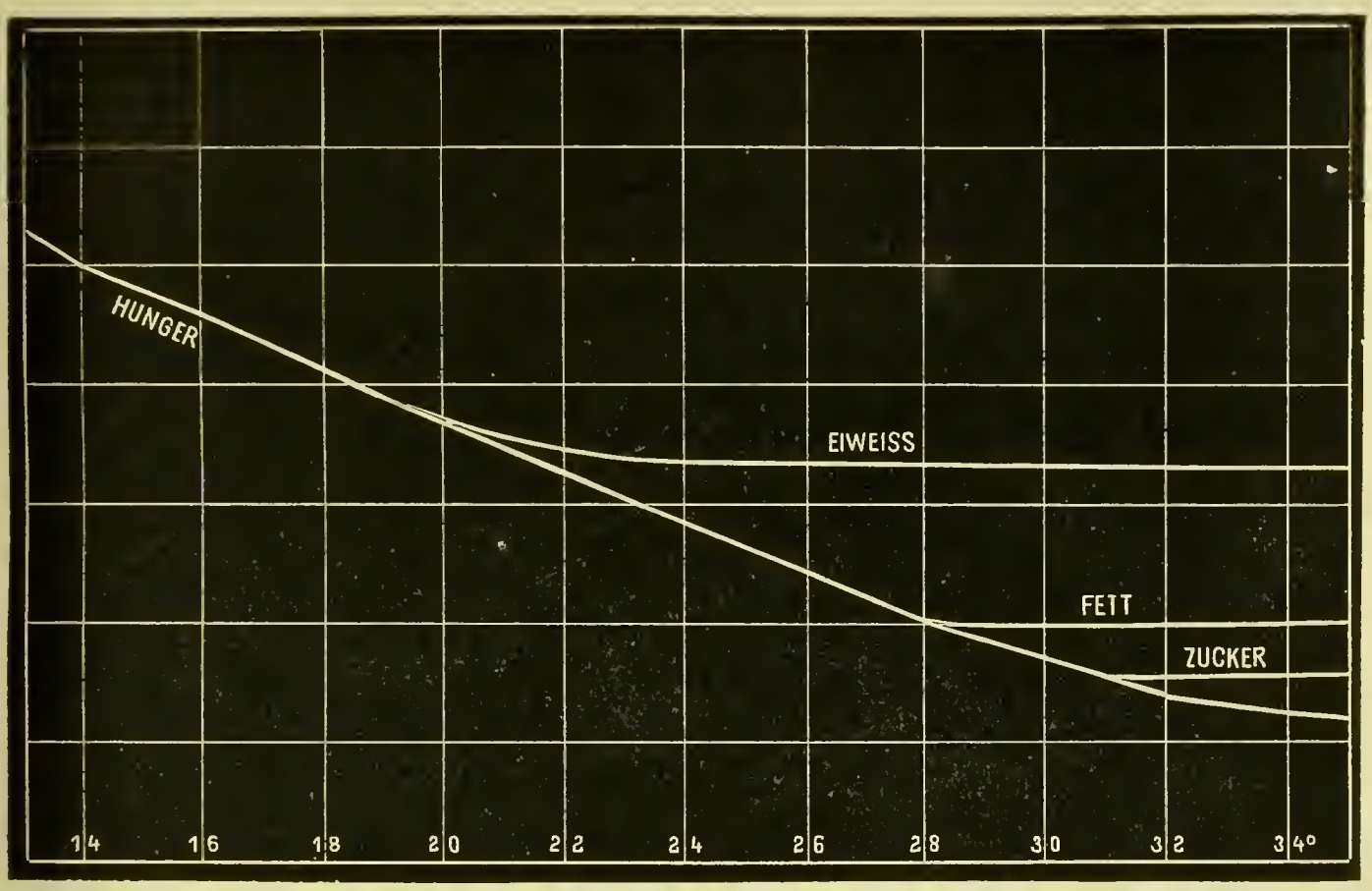
Leider lassen auch die extraorbitantesten Kohlehydratfütterungen am Hunde eine nähere Verfolgung dieser Frage, welche thatsächliche

Ausbeute die Kohlehydrate an Fett liefern, nicht zu. Ich möchte aber die obige Annahme immerhin noch als etwas hochgegriffen ansehen.

Und diese gewaltigen Differenzen werden bei den normal lebenden Thieren völlig verdeckt, wie ich nachzuweisen in der Lage war, durch die lebhafte chemische Wärmeregulation, welche für das Mehr der Zersetzung durch die dynamische Wirkung in ökonomischer Weise ebenso viele Calorien der Muskelleistung einzusparen in der Lage ist, so dass die isodyname Vertretung nicht die Spur einer Differenz erkennen lässt, ein Organisationsprincip von allerhöchster Bedeutung.

Die biologischen Vorgänge im Hungernden und jene im Gefütterten sind also anscheinend ziemlich verschieden, wenn man nur nach dem vorliegenden Material urtheilt.

Fig. 9. Schema des Verlaufs der Fütterungsminima und Hungerminima.



Mit Bezug auf das bei einem bestimmten Nahrungsstoff specifische Minimum kann man sagen, am ehesten wird jenes von Eiweiss erreicht, es liegt von allen drei Nahrungsstoffen bei dem niedrigsten Temperaturgrade wesentlich höher als die beiden anderen.

Innerhalb des Fütterungsminimums sind die körperlichen Zustände nicht dieselben, indem je nach dem Abstande von dem Eintreten des Minimums verschiedene Ansprüche an die Wärmeregulation vorliegen, also namentlich die Wärmeabgabe durch Wasserdampfabgabe ungleich sein muss.

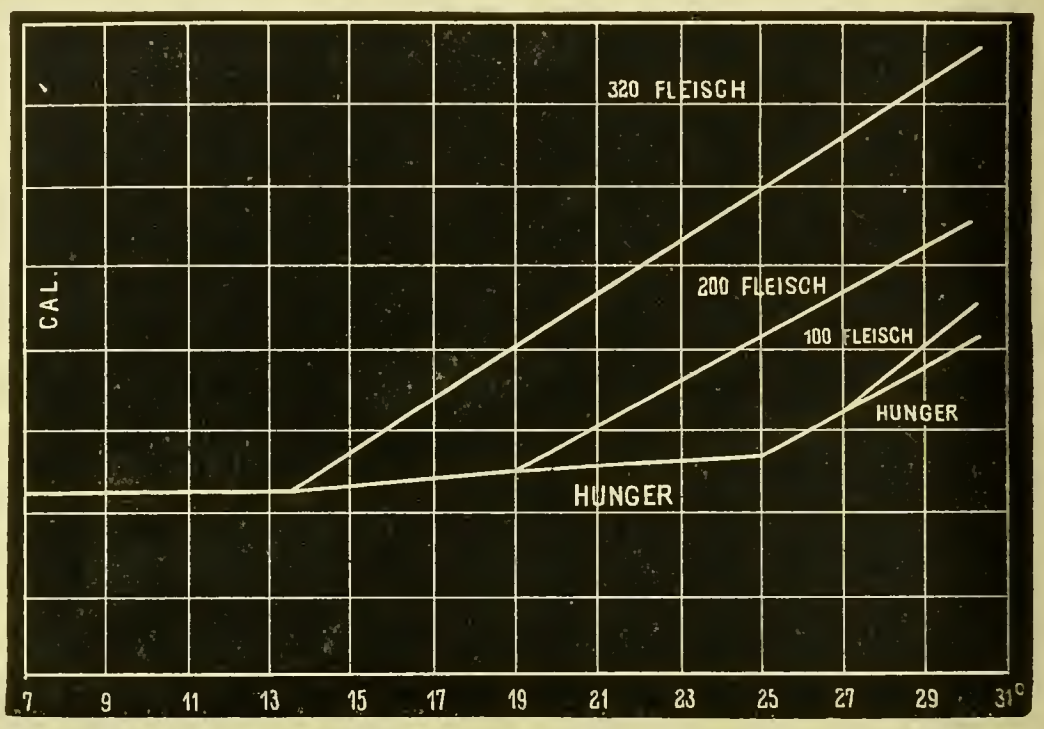
Unterhalb des Fütterungsminimums treten die isodynamen Werthe rein hervor und die verschiedenen Nahrungsstoffe lassen keine specifische Wirkung auf den Gesammtstoffwechsel erkennen.

Kennt man die Grösse der chemischen Regulation bei einem Thiere, so lässt sich mit Genauigkeit feststellen, wo das Hungerminimum und das Fütterungsminimum liegen wird. In wohlgenährtem Zustande nahm bei dem Hunde, der zu dem Versuche bei 33° gedient hatte und unter den gegebenen Verhältnissen die Wärmebildung bei 1° Sinken der Temperatur um 3·75% zu.

Der leichteren Uebersicht habe ich in Figur 9 die Verhältnisse graphisch dargestellt. Die Zersetzung bei Eiweisszufuhr u. s. w. sind für das Fütterungsminimum berechnet worden.

Mit sinkender Temperatur gehen die Linien, welche den Nahrungsstoffen entsprechen, allmählich in die Hungercurve über, am raschesten vereinigt sich die Zuckercurve mit der Hungercurve gegen 30° bereits, die Fettcurve bei 28°, die Eiweisscurve bei 21°. Da wir die Kleidungs-

Fig. 10.



temperatur des Menschen auf etwa 33° im Durchschnitt legen können, so liegen die Grenzpunkte für Fett und Kohlehydrat zwischen chemischer und physikalischer Regulation nicht weit unter diesem Punkte, dagegen erheblich jener des Eiweisses.

Dieser Verlauf der Fütterungscurven erinnert sehr an ein Bild, das ich vor vielen Jahren über den Gang der Wasserdampfausscheidung bei verschiedener Ernährung und verschiedener Temperatur gegeben habe.[1]) (Fig. 10.)

Unterhalb 15° laufen alle Linien, welche die Grösse der Wasserverdampfung angeben, gemeinsam; von da ab löst sich zuerst die Linie ab, welche dem grössten Nahrungsüberschuss für 15° entspricht, dann folgt bei 15° die Linie mit Fütterung von 200 *g* Fleisch, während die Linie mit 100 *g* Fleischzufuhr bis über 25° mit der „Hungerlinie" verläuft.

---

[1]) Arch. f. Hyg. XI, S. 213.

Somit finde ich als Werthe für das Fütterungsminimum:

Verglichen mit dem Hungerminimum = 100.		
Reines Fleisch	140·2	+ 40·2%
Fett	114·5	+ 14·5%
Rohrzucker	106·4	+ 6·4%

Ein energetisches Gleichgewicht kann also nur erreicht werden, wenn statt 106·4 Cal. Zucker, 114·5 Cal. Fett und 140·2 Cal. Fleischsubstanz verabreicht wird.

Das sind die Vertretungswerthe, wie sie sich geltend machen müssen, wenn die physikalische Regulation jede Wärmeeinsparung unmöglich macht. Nicht Vertretungswerthe in üblichem Sinne, aber Kraftmengen, die eben nothwendig werden, weil andere biologische Aufgaben im Organismus zu lösen sind.

Das Eiweiss ist also jener Nahrungsstoff, welcher am allerwenigsten geeigenschaftet ist, das Maass der Energie darzustellen, welche dem Körper zugeführt werden muss. Wollte man das Energiebedürfniss des Körpers nach dem bei reiner Eiweisszufuhr eintretenden Gleichgewicht bemessen, so kommt man zunächst überhaupt zu ganz differenten Zahlen je nach der Temperatur, bei welcher man eine solche Untersuchung ausführt und nach Ausschluss der chemischen Regulation zu einer völlig überschüssigen Verbrennungsgrösse.

Ich möchte aber gleich an dieser Stelle vor übertriebenen Erwartungen warnen, mit denen man etwa die praktischen Schlussfolgerungen aus diesen Zahlen betrachten könnte, so weit es den Menschen anlangt. Es unterliegt nicht dem geringsten Zweifel, dass die dynamischen Wirkungen der Nahrungsstoffe keine anderen beim Menschen sein werden, wie jene bei dem Fleischfresser.[1]) Sein Bestreben, in den Grenzen der physikalischen Regulation zu bleiben, gibt die Bedingungen, unter welchen die dynamischen Wirkungen gerade besonders rein hervortreten.

Die Eigenartigkeit der Ernährungsverhältnisse des Menschen besteht darin, dass in seiner Ernährung das Eiweiss niemals jenen Reichthum annimmt, den wir in der Kost eines Fleischfressers und namentlich in den Experimenten am Hunde finden, bei welchen dem Eiweiss ein ganz und gar unberechtigtes Uebergewicht zuertheilt worden ist. Die Ernährungsversuche am Hunde bewegen sich daher immer in Stoffwechselgemischen, mit denen wir bei der praktischen Ernährung des Menschen gar nichts zu thun haben, und der Blick des Ernährungsphysiologen, der nur auf derartige Experimente seine Schlüsse aufbaut, ist mehr oder minder befangen im Hinblick auf die Verwerthung der experimentellen Ergebnisse für die Kost des Menschen.

[1]) Anderweitig mitzutheilende Versuche haben diese Annahme als richtig bewiesen.

Auch bei den frei lebenden Thieren begegnen wir nirgendswo einer regelmässigen überreichlichen Eiweissernährung; auch nicht beim Fleischfresser selbst, der seinen Raub ganz zu verzehren gewohnt ist, also das reichliche Körperfett seiner Opfer mitverzehrt. Von diesem aber abgesehen begegnen wir überall, wie es eben der geringen Verbreitung der Eiweissträger in den Pflanzen entspricht, Kostformen, die sich an diese vegetabilischen Relationen der einzelnen Nahrungsstoffe eng anschliessen.

Die grosse Eiweissfluth, die man künstlich in die Experimente einführt, erfüllt ihren Zweck hinsichtlich des Studiums, aber im praktischen Leben verwerthet man den Stoff sparsam und haushälterisch.

Das Leben der Säugethiere unserer Zone läuft unter ausserordentlich wechselnden Bedingungen ab. In den meisten Fällen wird in der Ruhe der Thiere der Bedarf von den abkühlenden Verhältnissen beherrscht. Sie legen mehr oder minder diesen entsprechend an Kräften der Verbrennung zu und selten kommen in den Sommermonaten solche Bedingungen zu Stande, die einer völligen Beseitigung der chemischen Regulation zugute kommen.

Den extremen Culturwirkungen freilich begegnen die Thiere, wie wir an anderer Stelle auseinandergesetzt haben, keineswegs nur auf chemisch-regulatorischem Wege, sondern durch allerlei andere Mittel, soferne sie frei in der Wahl derselben sind. Die Mittel der physikalischen Regulation sind vielfach schlecht entwickelt und bei vielen Thieren auf die forcirte Athmung beschränkt.

Wir übersehen heute noch nicht vollständig die Nebenerscheinungen, welche die ungleiche dynamische Wirkung der Nahrungsstoffe nach sich zieht. Als eine Möglichkeit der Störung der Wärmeökonomie haben wir sie schon betrachtet, da sie die Resistenz gegen hohe Temperatur, hohe Feuchtigkeit, Windstille herabdrücken.

Steht es dem Menschen aber frei, über seine willkürlichen Mittel der Regulation zu verfügen, so würde es demselben leicht werden, der Mehrung der Wärme dadurch zu begegnen, dass durch Minderung der Kleidung die Wärmeabgabe vermehrt wird und die fühlbarste Störung der Ueberwärmung vom Gebiete der physikalischen Regulation der vermehrten Wasserverdampfung auf das gewohnte Maass der Entwässerung zurückgeführt wird.

Im Uebrigen muss man sich klar machen, dass reichlicher Eiweissumsatz mehr oder minder ausgeprägt mit einer anderen Eigenschaft des Körpers vereinigt zu sein pflegt mit einer grösseren Magerkeit und Fettarmuth, die ihrerseits der Entwärmung entschieden günstigere Bedingungen liefern. Dieser Umstand hängt vermuthlich mit den Zielen der Trainirung eines Körpers zu besonders energischer Arbeitsleistung zusammen, so dass dem Mehr der Wärmebilanz also günstigere Entwärmungsverhältnisse durch die Fettarmuth gegenüberstehen.

Mastzustände kommen auch im Thierreiche bei Fleischfressern so gut wie gar nicht zur Beobachtung, wenn diese sich wirklich reichlich mit Fleisch versehen können.

Anders liegt die Sache, wenn die Temperaturen niedriger sind weil dann die Mehrproduction an Wärme im Gesammthaushalte nicht mehr fühlbar, sondern ökonomisch verwerthet wird, indem das Mehr dieser Leistung von dem lebhaften Stoffwechsel der Muskeln in Abzug kommt. Die Ruhe der Muskeln oder eines Organes überhaupt ist aber günstig der Ablagerung von Reservestoffen, für die kommende Arbeit wird das Organ dadurch tauglicher.

Hier bahnt das Eiweiss eine vortreffliche Arbeitstheilung an, bei der die Muskeln einen ausserordentlichen Nutzen für sich gewinnen können, unter Steigen der individuellen Behaglichkeit.

Für die diätetische Behandlung des Menschen, bei der man von der Norm abweichende Ernährungsweisen zu wählen gezwungen ist, wird man dieser Thatsache der ungleichen dynamischen Wirkung wohl eingedenk sein müssen. Auch in der Fieberernährung kann dem Menschen durch einseitige Anwendung eiweissreicher Kost wenig gedient sein und wenn auch die Steigerung der Körpertemperatur unter solchen unzweckmässigen Eingriffen keine sehr wesentliche sein mag, so würde doch in der stärkeren Inanspruchnahme der Hilfsmittel physikalischer Regulation eine Mahnung liegen, diesen Nahrungsstoff, wie es ja zumeist mit Recht geschieht, zu meiden.

Die Wahl mehrerer Mahlzeiten ist eine Gewohnheit, welche auch dazu beitragen kann, die Wirkungen der specifisch-dynamischen Wärmebildung weniger fühlbar zu machen, wenn schon sie im Gesammteffect bei Bestehen der physikalischen Regulation wenig ändern dürfte. Anders liegt offenbar die Sache, wenn ein gewisser Grad von chemischer Regulation besteht, dann würde eine angemessene Vertheilung der Nahrung vielleicht sparend auf den Gesammtenergieverbrauch einwirken können.

Eine gewisse Beschränkung der Eiweisszufuhr in unserer Kost erscheint jetzt in einem völlig anderen Lichte, als man sie zu betrachten geneigt war. Offenbar kommt einer richtigen Relation zu den N-haltigen Bestandtheilen eine grosse Bedeutung zu, und das Drängen nach einer sehr eiweissreichen Kost hat seine bedeutenden thermischen Nachtheile.

Ueber die Verhältnisse bei Arbeitsleistung beabsichtige ich demnächst nach Abschluss der im Gange befindlichen Untersuchungen Näheres mitzutheilen.

XIX. Capitel.

Die Ursache der dynamischen Nahrungswirkung.

I.

Die Ausschaltung der chemischen Wärmeregulation hat sich als ein Mittel erwiesen, welches Stoffwechselvorgänge, die bis jetzt sich der Erkenntniss entzogen hatten, dem Experimente zugänglich macht. Dabei ist sie ein natürlicher Vorgang, welcher die Gesundheit des Thieres völlig intact lässt, und welcher bei manchen Organismen, wie dem Menschen geradezu zu den natürlichen Lebensbedingungen gehört.

Wir sind jetzt in der Lage, die Nahrungswirkung voll in ihrem ganzen Umfange zu übersehen. Für die praktischen Aufgaben der Ernährungslehre lassen die gefundenen Thatsachen eine genaue Schilderung der Stoffwechselvorgänge bei hohen wie niedrigen Temperaturen, bei dem Gleichgewichte der Ernährung wie für die Ueberernährung zu.

Ich verkenne aber zugleich nicht die Nothwendigkeit, auch den tieferen Gründen, welche die Erscheinung der specifisch-dynamischen Nahrungswirkung hervorrufen, etwas weiter nachzugehen, zumal wir dann hoffen können, durch die ursächliche Erkenntniss neue Wege zu bahnen und durch eine Theorie der Erscheinungen eine Vereinfachung der Lehre und eine Zusammenfassung der vielen zusammenhangslosen empirischen Thatsachen anzubahnen.

Das Object der Untersuchung bildet also die specifisch-dynamische Wirkung. Auf welche Vorgänge im Körper ist sie zurückzuführen?

Die Steigerung der Wärmeerzeugung durch einen Nahrungsstoff wie das Eiweiss um 30 bis 40% des normalen Werthes ist für sich betrachtet ein biologisches Ereigniss von höchstem Interesse. Auffallend ist auch, dass diese specifisch-dynamischen Wirkungen im Allgemeinen gerade bei hohen Lufttemperaturen, wo eine speculirende Teleologie das gerade Gegentheil vermuthen würde, in die Erscheinung treten.

Die neuen Thatsachen sind dazu angethan, die Frage nochmals aufzuwerfen, ob die früher gemachten Annahmen und die Erklärungsweise der specifisch-dynamischen Wirkung noch aufrecht erhalten werden können. Das quantitative Moment der Nahrungswirkung bedarf

doch einer eingehenden Würdigung. So lange sich die Nahrungswirkungen nur bei mittleren Temperaturen in engen Grenzen bewegen, liessen sich gegen den freilich mehrdeutigen Ausdruck „Drüsenarbeit" kaum wesentliche Einwendungen erheben, zumal die Compensationstheorie wie geschaffen erscheint, etwaige Kräfteverluste abzugleichen. Die Wärmeregulation ist so umfangreich, dass ihre Breite vollkommen berufen ist, auch den neueren Ergebnissen gegenüber unter gewöhnlichen Verhältnissen die Deckung der mit der Nahrungszersetzung einhergehenden starken Wärmemehrung zu bestreiten und die isodyname Vertretung zu wahren. Die Schwierigkeit liegt vielmehr auf der anderen Seite des Wärmezuwachses durch die Nahrungsaufnahme überhaupt, ob diese nicht so umfangreich ist, dass wir mit einer Erklärung, welche sich auf Umsatzmehrungen in den Drüsen stützen will, ins Gedränge kommen.

Die nach Aufnahme von Nahrungsstoffen vermehrte Wärmebildung bedarf noch einer Prüfung in der Richtung der Wärmequelle, aus welcher die Mehrung fliesst.

Mit Bezug hierauf habe ich schon in Capitel III und IV an einer Reihe von Beispielen dargethan, dass die Wärmemehrung allemal voll und ganz durch die Erhöhung des Umsatzes gedeckt wird, welche der neu zugeführte Nahrungsstoff selbst geschaffen hat.

Im Uebrigen brauchen wir, was das im vorigen Capitel niedergelegte Material anlangt, auch nur auf die Ergebnisse bei Zufuhr von N-freien Stoffen zu verweisen, um diesen Satz weiterhin zu bestätigen. Denn sowohl bei Fett- als auch Kohlehydratzufuhr ändert sich die N-Ausscheidung nicht, ja gerade bei letzteren sinkt sie auf das tiefste Minimum, das man überhaupt im Stoffwechsel kennt. Aus Eiweiss kommt dann bisweilen nur 4 bis 5% der Gesammtwärme, während der Wärmezuwachs durch die specifisch-dynamische Wirkung grösser sein kann.

Bei Eiweisszufuhr haben wir überall so starke Steigerung der Eiweisszersetzung gefunden, dass diese mehr als ausreichend ist, die gesteigerte Wärmebildung zu decken.

Wir müssen auch darauf aufmerksam machen, dass bei verschieden grossen Gaben von Eiweiss, Leim etc. die Wirkung auf den Umsatz allemal nur ein bestimmter Bruchtheil der zugeführten Energie und des wirklichen Umsatzes an N-haltigem Nahrungsstoff ausmacht.

Von einem Reize der Nahrung, d. h. einer im Verhältnisse zur Wirkung geringfügigen Ursache kann in keinem Falle die Rede sein.

Diese Annahme wird auch durch die weiter unten aufgeführten Versuche über die zeitliche Vertheilung der Eiweisszersetzung im Einzelnen bestätigt.

Die Nahrungszufuhr gibt also jedesmal eine der Masse der Zufuhr entsprechende Wirkung, deren Grösse immer nur

einen Bruchtheil, bei N-freien Stoffen einen kleinen Theil der Gesammtzufuhr ausmacht, und zugleich durch die Art der gefütterten Nahrungsstoffe selbst in vollem Umfange bestritten werden kann.

II.

Versucht man, sich ein Bild von den Leistungen zu machen, welche den Drüsen durch die Nahrung verursacht werden, so muss man verschiedene Möglichkeiten ins Auge fassen.

Einmal könnte unter diesen Begriff der Umstand fallen, dass die Nahrungsmittel specifische Reize für den Magendarmcanal, welcher auf die Einführung der ersteren mit einer Drüsenthätigkeit, d. h. einem lebhafteren Umsatze in den Zellen und als Nebenwirkung mit einer lebhafteren Secretion antwortet. Dabei würde es dann auch wohl möglich sein, dass die Nahrungsstoffe noch nach der Resorption beim Kreisen mit dem Blute einen weiteren Einfluss auf die Verdauungsorgane übten. Von einfachen Reizwirkungen, welche bei dieser Theorie mit herangezogen werden könnten, darf nach dem eben Dargelegten nicht wohl gesprochen werden.

Hält man aber auch an der Vorstellung fest, dass ein mit der Nahrungsaufnahme einhergehender Blutstrom, ähnlich wie bei Muskelarbeit die ganzen Organe auf höhere Leistung bringt, so befriedigt doch auch diese Anschauung nicht.

Schon die enorme Grösse der specifischen Wärmewirkung bei Eiweiss und Leim lässt diese Annahme ganz unwahrscheinlich erscheinen.

Darm, Leber, Milz, Nieren machen

bei Neugeborenen	12·92%
„ 1—10jährigen	9·10%
„ 61—70jährigen	8·37%

vom ganzen Gewichte des Körpers aus.[1])

Bei den Thieren verhält es sich ähnlich: Nun kann man ganz unmöglich annehmen, dass bei reiner Eiweissfütterung allein diese geringe Masse eine Wärmebildung erzeugt, welche um 40% den gesammten Kraftwechsel steigert. Diese 40% Zuwachs ausschliesslich auf die 8 bis 9% der hauptsächlichen Drüsenmasse vertheilt, würde einen so enormen Umsatz bedeuten, dass diese Leistung ganz aus dem Rahmen biologischer Möglichkeit hinausfällt. Und dieses alles nur, um die Resorption zu ermöglichen! Dazu müsste man vielleicht eine Steigerung der Zersetzung um das Sechsfache des Ruhezustandes annehmen, oder da ja die Verdauungsprocesse in weitestem

---

[1]) Cfr. Mühlmann, S. 158.

Umfange meist in den ersten zwölf Stunden vollendet sind, eine Mehrung um das Zwölffache. Dies widerspricht allen biologischen Erfahrungen.

In meinen Versuchen bewegen sich die Nahrungsaufnahmen in sehr bescheidenen Grenzen, da ja die Temperatur von 33° nur das Fütterungsminimum darstellt. Nun kann aber doch das Thier ausserordentlich viel mehr Nahrung aufnehmen, dauernd z. B. beim Wachsthum an 100% Ueberschuss bei gewöhnlicher Temperatur. Für diese Fälle müssten also noch horrendere Annahmen gemacht werden, wenn man den „Drüsen" die Aufgabe, allein die überschüssige Wärme wegen ihrer gesteigerten Thätigkeit zu erzeugen, zuschreiben sollte.

Auch alle quantitativen Vorstellungen über den Blutkreislauf widersprechen diesen enormen Wärmewerthen des Energieumsatzes.

Der Annahme einer enormen Mehrsteigerung des Lebensprocesses in den Drüsen steht endlich auch die Thatsache gegenüber, dass die Unterschiede der specifischen Wärmebildung so sehr grosse sind. Wenn die Verdauungsdrüsen bei Kohlehydraten die Lösung und Resorption, die Wasserresorption u. s. w. leisten, obschon der Energieumsatz so wenig sich hebt, dass man mitunter zweifeln könnte, ob die Differenzen gross genug seien, mit Bestimmtheit eine specifisch-dynamische Wirkung auszusprechen, so klingt es jedenfalls nicht wahrscheinlich, wenn wir in anderen Fällen fast sechsmal so viel für offenbar sehr ähnliche Vorgänge aufgewendet sehen.

Die Arbeit des Lösens und Vorbereitens leisten auch schliesslich Fermente bei Eiweiss ebenso gut, wie bei dem Stärkemehl und die Flüssigkeitsvolume werden in dem einen Falle die des anderen nicht übertreffen.

Die specifisch-dynamische Wirkung kann, von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, unmöglich der Ausdruck ungleicher Intensität der Verbrennungsprocesse in den Drüsen allein sein.

Die Erscheinungen nach Zufuhr N-haltiger Stoffe machen die Hypothese unhaltbar, dass die Steigerung der Lebensintensität und des Energieverbrauches für die Lebenszwecke, in den Drüsen des Thierleibes die Quelle der vermehrten Wärmeerzeugung sei. Die specifische Wärmewirkung als eine Rückwirkung auf die Drüsen aufzufassen, geht auch nicht an, weil sie jedenfalls nicht mit den secretorischen Vorgängen in einen näheren Zusammenhang gebracht werden kann.

Auf die Secretionsgrösse wirken Einflüsse, welche für die specifische Wärmewirkung sich als belanglos erweisen.

So die Wasserzufuhr; ob man Eiweiss, Fett, Kohlehydrat mit mehr oder weniger Wasser verabreicht, ist für die specifische Wärmewirkung gleichgiltig, nicht aber für die Secretionsvorgänge.

Der Fleischextract ist mit Rücksicht auf letztere von ganz bedeutender Wirkung, aber im Hinblicke auf eine specifische Wärmewirkung absolut belanglos.

Fleisch, Milch, Brot zeigen nach den Versuchen von *Pawlow* bezüglich der Secretion keine Unterschiede, wie sie aus der chemischen Zusammensetzung für eine specifische Wärmewirkung sich geltend machen müssten.

Es ist ein besonderes Verdienst von *Pawlow* und seinen Schülern, die mechanischen Drüsenreizungen vom Verdauungscanal aus auf ihr richtiges Maass zurückgeführt zu haben, d. h. sie als einen praktisch nebensächlichen Vorgang erkannt zu haben.

Der Stoffverbrauch für die Fermentbildung ist jedenfalls ein höchst unbedeutender, das geht einerseits aus den Untersuchungen von *Pawlow* hervor, der die Fermente viel kräftiger findet, als man bisher angenommen, andererseits auch aus Ueberlegungen über den Stoffverbrauch im Allgemeinen. So weit es sich um die Enzymerzeugung in den Drüsen handelt, kann nur sehr wenig Material beansprucht werden, wie wir aus dem minimalen Eiweissumsatz nach Kohlehydratzufuhr sehen.

Wir können also, wie ich nachgewiesen habe, die Energiemehrung nach Zufuhr von Nahrungsstoffen nicht ausschliesslich durch eine Steigerung der Lebensintensität in den Drüsen erklären, wir müssten sie vielmehr auch in andere Organe verlegen und auch die Annahme, dass eine Energiezunahme in den Drüsen mit den secretorischen Vorgängen in Zusammenhang stehen müsse, lässt sich nicht halten.

Ich bin also mit diesen Erwägungen schliesslich zu dem gleichen Resultate gekommen, welches *A. Fick* vor Jahren bereits gegen die Annahme einer sehr ergiebigen Drüsenarbeit geltend gemacht hat. Er ging von der „Thatsache" aus, die allerdings in dieser Allgemeinheit nicht zutreffend ist, dass in den Stunden nach der Nahrungsaufnahme die Kohlensäureausscheidung vermehrt sei, und es mag auch eine weitere Kritik an der „Kohlensäure" als Maass des Umsatzes nicht geübt sein.

Der Kernpunkt seiner Argumentationen betrifft die Schlüsse, welche er aus den bekannten Versuchen von *Ludwig* über den Wärmezuwachs der Speicheldrüse des Hundes während der Secretion zieht. Er meint, es sei ganz unmöglich, die „Drüsenarbeit" zur Deckung der Mehrerzeugung der Kohlensäure zu verwerthen. Wenn demnach *Fick* schon Bedenken trug, für mässige Umsätze während der Verdauungszeit die Drüsen als einzige Wärmequelle anzusehen, so gilt eine Uebereinstimmung unserer Anschauungen noch mehr für die grossen Energieumsätze, wie ich sie beobachtet habe.[1])

Es ist aber vielleicht eine ganz einseitige Anschauung, wenn wir uns die Drüsen nur immer als Organe denken, welche einzig und allein nur die Aufgabe haben, die Resorption zu leiten. Man könnte wenigstens manches anführen, was die Rolle ihrer Thätigkeit erweitert.

---

[1]) *Fick*, Sitzungsbericht d. Würzburger phys.-med. Gesellschaft 1890. Sitzung vom 21. December 1889.

Eine solche weitere Aufgabe könnte in der Richtung einer Verarbeitung der Resorbirten gesucht werden, etwa so, dass sie bestimmt sind, manche dieser Rohmaterialien in nutzbares Nährmaterial für die Zelle umzuwandeln.

Diese Aufgabe würde uns möglicherweise der unhaltbaren Annahme einer horrenden Steigerung der Lebensintensität bei Zufuhr der N-haltigen Nahrung überheben und eine Erklärung nach anderer Richtung anbahnen, falls man zunächst noch den Zwang anerkennen will, die von mir beobachteten Vorgänge in die Drüsen zu verlegen.

Drüsenarbeit in diesem Sinne aufgefasst wäre also keine Verdauungsarbeit, wie sie gemeinhin angenommen wird, keine Wirkung mechanischer oder chemischer Secretionsreize, wobei neben einer grossen Energiesteigerung etwa wie bei der Muskelarbeit ein kleines Stück mechanischer Arbeit abfällt, sondern sie könnte in mehr oder minder einfachen Einwirkungen, auf deren Schilderung wir noch näher eingehen wollen, bestehen, hydrolytische, fermentative Processe, jedenfalls Einflüsse specifischer Art, welche die Nahrungsstoffe blut- und kreisungsfähig machen.

Im Sinne dieser Thätigkeit könnten die Processe also unabhängig von der Verdauung und ohne diese verlaufen; sie würden sich dann über eine längere Zeit vertheilen.

Bezüglich einer solchen Auffassung der Vorgänge möchte ich darauf verweisen, dass auch *Fick* aus ähnlichen Voraussetzungen einen ähnlichen Vorgang für die Zerlegung der Stoffe in der oben citirten Abhandlung angenommen hat. Er meint, von den Eiweissstoffen wüsste man, dass sie in verhältnissmässig kurzer Zeit in Harnstoff gespalten würden, nach seiner Auffassung sollen die resorbirten Eiweissmoleküle schon in der Leber in ein stickstofffreies und ein stickstoffhaltiges Product zerlegt werden; letzteres sei noch nicht Harnstoff, sondern ein kohlenstoffreiches Product, welches dann in den Nieren oxydirt und als Harnstoff ausgeschieden wird. Durch die Oxydation dieses N-haltigen Antheiles sei die Mehrung der Kohlensäureausscheidung zu erklären. Der Versuch, Beweise für seine Anschauung zu bringen, ist *Fick* freilich nicht gelungen.

Ich kann mich zunächst nur mit dem Grundgedanken der Hypothese, aber nicht mit ihren Einzelheiten einverstanden erklären, denn wenn ich die *Fick*'schen Angaben richtig interpretire, so fiele den Nieren ein allzu wichtiger Antheil an Arbeit dabei zu.

Bleiben wir also nur bei der allgemeinen Anschauung einer solchen Arbeit der Spaltung.

Die Annahme dieser „Drüsenarbeit" würde sozusagen mehr fermentativer Art sein, was sich zwar mit einer geringen Energiezersetzung in den Zellen selbst, also mit geringfügigen Aenderungen der Lebensintensität vertrüge, aber nicht um den Uebelstand herumbrächte, dass die Drüsen die Localität und der Herd der enormen Wärmebildung blieben, und wenn auch die Ansprüche an den

arteriellen Blutstrom, der den O zur Oxydation bringt, relativ gering sein könnte, das Blut als Abstrom der Wärme hätte ungeheuere Aufgaben zu lösen, wenn es sich um die Zufuhr von Eiweissstoffen handelt.

Es ist ganz unmöglich, auch auf solche Processe die specifisch-dynamische Wirkung zu schieben, den Gedanken, dass wir es mit nur in den Drüsen ablaufenden Vorgängen allein zu thun haben, müssen wir definitiv fallen lassen.

Heidenhain schätzt für einen 8 *kg* schweren Hund die Blutmenge, welche durch die Leber geht, auf 1·7 *g* pro 1″ = 147 *l* pro 24 Stunden, *Bleile* schätzt die Menge, unter anderen Voraussetzungen, pro 10·4 *kg* Lebendgewicht auf 547 *l* pro Tag. Von anderer Seite werden Zahlen mitgetheilt, welche mit der kleineren von *Heidenhain* gefundenen mehr übereingehen.

Seegen[1]) gibt für einen mit Fleisch gefütterten Hund drei Stunden nach der Nahrungsaufnahme 179·7 *l* pro 24 Stunden bei 7 *kg* Körpergewicht, welche Zahl nach seiner Meinung, da das Blut frei ausströmte, noch zu hoch ist, vielleicht nahezu um das Doppelte.

Bei einem Thiere von 6 bis 7 *kg* kann die Wärmemenge, welche auf die specifisch-dynamische Wirkung zu beziehen ist, fast 200 Cal.[2]) pro 24 Stunden ausmachen. Die specifische Wärme des Blutes = 0·9, wäre der Wasserwerth des Blutes 179· × 0·9 = 161, was einer Wärmezunahme von über 1·17° im Tagesmittel entspräche!

Die directen Vergleiche zwischen Pfortader und Lebervene haben niemals solche Differenzen gezeigt (0·2 bis 0·4°).

Es ist mir in höchstem Maasse unwahrscheinlich, dass speciell die grosse Wärmemehrung nach Eiweissgaben ganz in die relativ geringe Organmasse der Drüsen verlegt werden kann, auch wenn man Annahmen, welche die eigentlichen Lebensvorgänge als mehr secundäre, die Spaltwirkung als das Wesentliche auffassen, machen will.

III.

Wenn wir also auch genöthigt sind, die Processe der specifisch-dynamischen Wirkung, speciell jene des Eiweisses — denn für Fett und Kohlehydrat liegen die Verhältnisse ja etwas anders — nicht auf die Drüsen allein zu beschränken, sondern über diese hinaus auf umfangreichere Organgruppen oder auf Vorgänge in allen Zellen zu vertheilen, so versteht es sich von selbst, dass wir damit nicht für die Drüsenzellen negiren, was wir der sonstigen Zellmasse als Eigenthümlichkeit zutheilen.

Wenn aber somit Drüsenthätigkeit als Erklärungsmoment nicht mehr voll anerkannt werden kann, dann hätte die ganze specifisch-dynamische Wirkung überhaupt wenig oder so gut wie nichts mit der Verdauung und mit der Zufuhr der Nahrung vom Darmcanal aus zu thun und man würde genöthigt sein anzunehmen, dass specifisch-

---

[1]) Zuckerbildung im Thierkörper, S. 115.

[2]) Bei einem Thiere dieser Grösse Fütterung 667 Cal.
sonst 477 „
190 Cal.

dynamische Wirkungen — vielleicht mit quantitativen Modificationen — eintreten, ohne Durchtritt der Nahrungsstoffe durch den Nahrungsschlauch. Versuche dieser Art liessen sich auf dem Wege subcutaner Injectionen oder mittelst Transfusionen ausführen. Erstere sind quantitativ meist nicht sehr ergiebig, letztere mit Operationen, welche die Ruhe des Thieres stören und mit einer Art von Nahrungsvertheilung, welche den normalen Verhältnissen nicht entspricht, verbunden.

Freilich haben *Zuntz* und *Mering* bereits vor vielen Jahren Experimente nach dieser Richtung hin angestellt und bei Injectionen von Nährlösungen ins Blut weniger Sauerstoffzehrung gefunden, als bei dem Durchgang der Nahrung durch den Darm selbst.

Aber ich möchte deswegen die Erwägung dieses Gesichtspunktes nicht für überflüssig halten.

Eine höchst interessante Frage wäre die, ob auch, wenn das Eiweiss im Körper selbst in grosser Menge verbrannt wird, auch dann eine Erhöhung des Energieumsatzes zu beobachten ist.

Solche Fälle können unter besonderen Umständen eintreten.

Ein derartiges Vorkommniss beobachtete ich bei hungernden Kaninchen und hatte bei einem derselben das Glück, einen raschen Umschwung in der Zersetzung eintreten zu sehen. (S. o. Abschnitt 16, S. 277.)

Die dort angeführten Versuche sind nicht ganz glatt verlaufen, da die Körpertemperatur der Thiere sich geändert hatte; doch lässt sich dafür, wie oben auseinandergesetzt, eine Correctur finden.

Dann hat man

	Temperatur der Luft	Calorien im Eiweiss in Procent	Calorien im Fett in Procent	Summe der Cal.
Fetttag[1])	18·3	32	68	54·7
Eiweisstag[2]) . . .	19·0	91	9	59·4

also $8{\cdot}6\,\%_0 = 4{\cdot}7$ Cal. mehr für $55 - 17{\cdot}3 = 37{\cdot}7$ an Eiweisszersetzung. Eine genaue Rechnung ist leider unausführbar, da das Thier bei variirter Temperatur und im Zustande der physikalischen Regulation nicht beobachtet worden ist.

Immerhin scheint das Resultat in dem Sinne zu verwerthen, dass auch ohne Darmpassage sich im Körper eine Aenderung des Energieumsatzes mit Mehrung der Wärmebildung vollzogen hat.

Indes ist über die Grösse dieses Wechsels eine genaue Angabe nicht möglich, zumal man auch dasjenige, was sich zerlegt hat, an eiweissartiger Substanz im Hungerthier für jeden Zeitmoment nicht mit absoluter Genauigkeit angeben kann.[3])

---

[1]) Der viert- und fünftletzte Tag der Reihe.

[2]) Der vorletzte und letzte Tag der Reihe.

[3]) Es ist bemerkenswerth, dass, wenn man unter der Annahme berechnet, es sei durch die Temperaturerhöhung auf 30° der Kraftwechsel an den Fetttagen

Von einem gewissen Werthe für diese Anschauungen sind auch Versuche, welche ich über den Gang der Zersetzung nach nicht überschüssiger Eiweisszufuhr in einzelnen Tagesperioden (sechs Stunden) angestellt habe.[1]) Fleischeiweiss wurde gewählt, damit nicht durch Ausspülung der Extractivstoffe aus dem Körper Unklarheiten über die Eiweisszersetzung entstehen konnten. Das 24 *kg* schwere Thier wurde je nach sechs Stunden aus dem Respirationsapparat genommen, katheterisirt und sofort wieder in den Apparat zurückgebracht. Die Barytröhren waren schon völlig vorbereitet für den jeweiligen Ersatz und konnten in wenigen Minuten eingeschaltet werden.

Ich bemerke, dass die N-Ausscheidung nach Zufuhr von ausgewaschenem Fleisch ein anderes Bild gibt, als Versuche mit reinem Fleisch, wie sie seinerzeit *Feder*[2]) ausgeführt hat. Dies hängt damit zusammen, dass bei Fleischfütterung offenbar die Ausscheidung des Extractstickstoffes nicht gleichmässig mit der Eiweisszersetzung verläuft, sondern schneller den Körper verlässt als der wirkliche Eiweiss-N, der ja erst durch die Spaltung dieses Nahrungsstoffes frei wird.

Der Hund hatte täglich 460 *g* ausgewaschenes Fleisch erhalten, mit 32·5% Trockensubstanz (nach dem Auspressen in der hydraulischen Presse) und 24·72 *g* N pro Tag.

Da die Versuche bei relativ hoher Temperatur ausgeführt worden waren, war die Wärmebildung im Vergleiche zum hungernden Thiere etwas erhöht. Wenn man den zwischen den beiden Tagen der vorstehenden Reihe befindlichen Fütterungstag und die beiden der Reihe folgenden Hungertage vergleicht, so war, ohne Abgleich für das Körpergewicht, rund 7·6% mehr Wärme erzeugt worden. Das gutgenährte Thier war also bei der Temperatur von 22°, bei welchen die Hungerversuche ausgeführt wurden, nicht weit von der Ausschaltung der chemischen Regulation entfernt.

In nachfolgender Tabelle 127 habe ich die Resultate mit Beiseitelassung des Kothes berechnet.

Es muss weiteren Untersuchungen überlassen bleiben, inwieweit in kleinen Zeiträumen die Kothbildung regelmässig verläuft oder nicht. Auf das Gesammtresultat hat die Vernachlässigung des Kothes für die vorliegende Frage des zeitlichen Ablaufes der Zersetzung wenig Bedeutung.

Die Tabelle lehrt, dass schon in den ersten sechs Stunden die Eiweisszersetzung stark in die Höhe geht, die Wärmebildung desgleichen, die Hauptwirkung der Kost spielt sich in der ersten Periode ab.

---

so weit gesunken, wie ich für Meerschweinchen als Regulationsgrösse gefunden = also rund um 22%, d. h. rund auf 42 Cal., während an den Eiweisstagen 55 Cal. erzeugt wurden, für ein Mehr von 37·7 Cal. aus verbranntem Eiweiss 55 — 42 = 13 Cal. mehr erzeugt worden wären, also pro 100 Cal. aus Eiweiss etwa 34 Cal., eine Zahl, die nicht sehr entfernt der specifisch-dynamischen Wirkung des Eiweisses bei Nahrungszufuhr läge.

[1]) Beiträge zur Physiologie, *Vogel*, Leipzig 1887, S. 267. *Ludwig*'s Festschrift.

[2]) Zeitschr. f. Biol., Bd. XVII, S. 531.

Tabelle 127.

Zufuhr von Fleischeiweiss.

Zeit	Erster Fütterungstag			Dritter Fütterungstag		
	Calorien aus Eiweiss	Calorien aus Fett	Summe	Calorien aus Eiweiss	Calorien aus Fett	Summe
9—3	135·1	143·9	279·0	148·7	130·4	279·1
3—9	163·0	85·2	248·2	238·7	33·4	272·1
9—3	123·8	105·4	229·2	142·0	76·3	218·3
3—9	73·6	169·5	243·1	71·0	162·4	233·4

Der Eiweissumsatz nimmt zwar in der nächsten Periode noch zu, aber die Gesammtwärmeproduction sinkt und wird durch das Mehr an Eiweissumsatz Fett in sehr erheblichen Mengen eingespart, dann sinkt der Eiweissumsatz, die Fettzersetzung steigt erheblich und der Gesammtumsatz im ganzen nimmt ab, am meisten während der eigentlichen Nachtperiode.

Am dritten Tage derselben Fütterung wurde der Hund wieder untersucht. Er hatte sich mehr in das N-Gleichgewicht gesetzt, statt 18·57 *g* hatte er 22·49 *g* Umsatz. Dieses Mehr vertheilte sich nicht auf alle Perioden gleichmässig, sondern nur auf die ersten drei Perioden, und unter diesen wesentlich auf die zweite Periode, welche in beiden Fällen die höchste Eiweisszersetzung aufgewiesen hat. Im Uebrigen ist das Bild des Zersetzungsganges der einzelnen Stoffe dasselbe wie im vorigen Versuche, das Eiweiss drängt immer mehr das Fett zurück, dann sinkt der Eiweissstrom und nunmehr wächst wieder der Fettumsatz. Am grössten ist letzterer allemal in der letzten Periode, wo überhaupt der ganze Stoffwechsel mehr oder minder vollkommen sich dem Hungerstoffwechsel nähert.

Auch bei dieser Reihe ist der nicht unerhebliche Abfall der Wärmebildung in der Zeit von 9 Uhr Abends bis 3 Uhr Morgens wieder zu sehen.

Da ich den Hund selbst Tag und Nacht bewachte und auf jede abnorme Erscheinung achtete, kann ich mit Bestimmtheit sagen, dass ausser in der letzten Periode, wo sich der Hund ein paarmal streckte und die Glieder dehnte, von Bewegungen oder Unruhe nichts zu sehen war.

Die Wandlungen im chemischen Charakter der Zersetzung sieht man am besten, wenn man berechnet, wie viel in Procent Fett oder Eiweiss an Wärme geliefert haben, wie es in nachfolgender Tabelle dargestellt ist.

Es treffen von 100 Cal.:

Tabelle 128.

	I. Fütterungstag		III. Fütterungstag	
Zeit	auf Eiweiss	auf Fett	auf Eiweiss	auf Fett
9—3	48·4	51·6	53·3	46·7
3—9	65·6	34·4	87·5	12·5
9—3	54·0	46·0	65·0	35·0
3—9	30·2	69·8	30·3	69·7

Am ersten Fütterungstage ist das Maximum erreicht, wenn 66% der Calorien aus Eiweiss stammen, im zweiten Versuche bei 87·5%.

Vergleicht man, von der letzten Periode ausgehend, die jeweilige Fett- und Eiweisszersetzung, wobei die dritte Periode, da ihre absoluten Zahlen kleiner wie jene der vierten Periode sind, ausfällt, so hat man für den ersten Fütterungstag

II. und IV. Periode:

Eiweisscalorien	163·0	Fettcalorien	169·5
	73·6		85·2
mehr:	89·4	weniger:	84·3

Eiweiss und Fett vertreten sich sehr nahe nach isodynamen Werthen.

I. und IV. Periode:

Eiweisscalorien	135·1	Fettcalorien	169·5
	73·6		143·9
mehr:	61·5	weniger:	25·6

Hier werden für 61·5 Eiweisscalorien nur 25·6 Fettcalorien gespart (100 = 41·6).

Und für den dritten Fütterungstag, II. und IV. Periode:

Eiweisscalorien	238·7	Fettcalorien	162·4
	71·0		133·4
mehr:	167·7	weniger:	29·0

Hier ist eine Ungleichheit vorhanden, indem mehr Eiweiss verbrennt, als an Fett gespart wird.

I. und IV. Periode:

Eiweisscalorien	148·7	Fettcalorien	162·4
	71·0		130·4
mehr:	77·7	weniger:	32·0

Die Ungleichheit ist hier am beträchtlichsten (100 : 41·2).

Dass wirklich eine gewisse Mehrung der Wärmeabgabe in den ersten Theil des Tages vorliegt, davon haben mich meine kalorimetrischen Versuche gleichfalls überzeugt, nur lässt sich leider das Ergebniss quantitativ deshalb nicht verwerthen, weil ich nicht in der Lage war, Untersuchungen über den in kleinen Zeitperioden ausgeschiedenen Wasserdampf seinerzeit auszuführen.

Die vorliegenden Versuche gaben im dem ersten Viertel des Tages eine sehr starke Mehrung des Energieverbrauches, welche wesentlich auf das mehr zersetzte Eiweiss entfällt.

Dies ist bei beiden Experimenten in gleicher Weise der Fall Diese Mehrzersetzung könnte also als ein Ausdruck für das vermehrte Bedürfniss der Verdauungsdrüsen an Nahrungszufuhr angesehen werden, aber wie hoch eine solche Steigerung veranschlagt werden müsste, lässt sich nicht sagen, weil sicherlich nicht das ganze Mehr überhaupt erschien. Das Thier befand sich im Zustande der chemischen Regulation und konnte compensatorische Einsparungen machen. Ausserdem aber hat in der ersten Periode bereits ein nicht unerheblicher Abbau von Eiweiss stattgefunden, bei welchem Vorgange auch eine grosse Summe von Kräften zu Verlust gehen konnte.

Das zweite Viertel des Tages verhält sich am I. und III. Fütterungstage verschieden; am ersteren wurde viel weniger Eiweiss zersetzt, wie am letzteren. Die Wärmemehrung ist aber am ersten Tage viel geringer als am dritten Tage. Die Verschiedenheit kann also nicht auf jenes Moment der Verdauungsarbeit in gewöhnlichem Sinne zurückgeführt werden, folglich muss die Ungleichheit eine Wirkung der ungleichen Zersetzung sein.

Und das Mehr, welches im Vergleiche der zweiten Periode zwischen I. und III. Tag im Ganzen erschien, würde einen erheblichen Procentsatz der Vermehrung des Eiweissumsatzes ausmachen (238·7 Cal. — 163·0 = 75·7 mehr Eiweissumsatz : 272·1 — 248·2 = 23·9 Wärmemehrung = + 31%).

Die beiden Fütterungsreihen können also in ihrem Resultate wohl zur Stütze der Anschauung dienen, dass auch, abgesehen von Verdauungsprocessen, Processe der Umlagerung und Zersetzung von Eiweiss mit einem Mehrverbrauche an Energie (Abgabe) verbunden ist.

Die Eiweisswirkung ist im Detail verfolgt und wenn man diese Versuchsergebnisse mit Capitel III und den Vorgängen bei Hunger und Fettfütterung vergleicht, von ganz anderer Art als die der N-freien Stoffe.

Da derartige Versuche, bis jetzt wenigstens, für Eiweiss überhaupt nicht mitgetheilt worden sind, so mögen noch einige weitere Angaben hier am Platze sein.

Vergleich der Schwefel- und N-Ausscheidung:
I. Tag

	Absolute Zahlen			Relative Zahlen	
	S	N	$\frac{N}{S}$	S	N
I. Periode	0·292	5·06	17·3	31·7	27·2
II. „	0·275	6·11	22·2	29·9	32·8
III. „	0·228	4·64	20·4	24·8	24·9
IV. „	0·122	2·76	22·6	13·6	15·1
				100	100

und für den III. Tag:

	Absolute Zahlen			Relative Zahlen	
	S	N	$\frac{N}{S}$	S	N
I. Periode	0·448	5·57	12·4	36·7	24·8
II. „	0·387	8·94	23·1	31·7	39·8
III. „	0·257	5·32	20·7	21·1	23·6
IV. „	0·131	2·66	20·3	10·5	11·8
				100	100

Die ausgeschiedenen P_2O_5-mengen waren:

	I. Tag	III. Tag
I. Periode	0·027 (?)	0·191
II. „	0·358	0·383
III. „	0·296	0·398
IV. „	0·216	0·220

Das Ergebniss der I. Periode des I. Tages bleibt zweifelhaft, wenn nicht doch, da es der erste Tag der Fütterung war, zuerst P_2O_5 im Körper zurückgehalten wurde.

Ein Vergleich von N, P_2O_5, S für den III. Tag würde ergeben:

Von 100 Theilen wurden ausgeschieden

N	S	P_2O_5
24·8	**36·7**	16·0
39·8	31·7	32·1
23·6	21·1	**33·4**
11·8	10·5	18·5

Daraus ergibt sich, dass, so weit die Elemente N und S in Betracht kommen, die Ausscheidung in den einzelnen Perioden nicht ganz gleichmässig von Statten geht, indem zuerst die S-Ausscheidung steigt, während die P_2O_5 entschieden mit einer erheblichen Verzögerung ausgeschieden wird.

Nebenbei wurde qualitativ die Kreatininreaction und die Indigoausscheidung geprüft:

Periode	Kreatinin	Indigo	Kreatinin	Indigo
I.	deutlich	schwach	deutlich	schwach
II.	„	stärker	„	gut
III.	„	noch stärker	„	schwächer
IV.	schwach	schwächer	„	schwach

Die quantitative Bestimmung in einer Mischprobe (150 cm^3) des Harn gelang insofern als wenigstens eine kleine Quantität Kreatininchlorzinkkugeln erhalten wurde, die als zu gering erschienen, um die Untersuchung zu Ende zu führen. Sie gaben in Wasser gelöst kräftigste Kreatininreaction.

Trotz der inneren Veränderungen im Körper, d. h. des sich steigernden Eiweissumsatzes und eigenartigen Verschiebungen zwischen Umsatz und Wärmebildung ist es vom ersten zum dritten Fütterungstage nicht zu einer Mehrung der Wärmebildung im Tage gekommen; wir haben

1. Tag 999·5 Cal.
3. „ 1002·9 „

Der Unterschied ist bedeutungslos als Differenz, wichtig aber in dem Sinne, dass trotz Mehrung des Umsatzes von 18·6 N auf 22·5 eine nennenswerthe Mehrung der Verbrennung eben ausblieb.

Die Versuche können zu gleicher Zeit als Beweise dienen, für den schon in Capitel III hervorgehobenen, principiellen Unterschied der Methoden der vollen „Tagesbeobachtung" und jener, welche nur kürzere Nahrungsperioden wählen, also zumeist zur Untersuchung nur die Periode der lebhaftesten Verdauung nehmen.

Die beiden bis jetzt angeführten Versuche am hungernden, wie am gefütterten Thiere lassen den Schluss als wahrscheinlich zu, dass auch mit der Eiweisszersetzung, wenn das Eiweiss gar nicht einmal per os eingeführt wurde, oder nur in gewissem Maasse verbraucht wird, eine Mehrung des Energieumsatzes vorkommen kann.

Ein anderer Process, bei welchem sich ohne Inanspruchnahme der Darmtractus eine Veränderung in der Eiweisszersetzung vollzieht, ist der künstliche Diabetes, welcher nach Gaben von Phlorizin sich vollzieht. Unter diesen Verhältnissen wird reichlich mehr Eiweiss verbraucht, als in der Norm, da aber Zucker dabei abfällt, so muss dementsprechend doch ein Mehr von Fettzersetzung eintreten. Es scheint gerade diese Zersetzung, wenn nicht Nebenwirkungen des Phlorizins vorhanden sein sollten, geeignet, einen Aufschluss zu geben über Spaltungsvorgänge des Eiweisses.

Ich habe daher eine solche Versuchsreihe ausgeführt. Der Hund, 9 bis 10 *kg* Normalgewicht, hungerte etwa sechs Tage, ehe das Experiment zur Ausführung kam. Man kann also nach allgemeinen Erfahrungen annehmen, dass er seinen Glykogenbestand auf ein Minimum reducirt hatte. Dann beobachtete ich denselben an zwei aufeinander

folgenden Hungertagen. Sodann erhielt er an zwei Tagen Phlorizin subcutan, in Soda gelöst, wie dies *Lusk* angegeben hat. Alle acht Stunden erfolgte die Einspritzung. Am ersten Tage zeigte sich im Benehmen des Hundes keine Veränderung, am Schlusse des zweiten Phlorizintages war er aber sehr schwach und matt geworden. Leider liess er während der Nacht, beziehungsweise in den letzten Stunden vor Beendigung des Versuches Harn in den Calorimeter, doch kann derselbe mit minimalen Fehlern wieder gewonnen werden. Schon die ersten mit dem Katheter entnommenen Harnmengen enthielten reichlich Zucker.

Die N-Ausscheidung ging stark in die Höhe. Im Harn wurde der Zuckergehalt nach *Allihn* bestimmt, in dem Nachtharn war die Relation zwischen N und Dextrose grösser als in der Tagesportion; sie stimmt im Wesentlichen mit den Angaben von *Lusk* überein, vielleicht kann man sagen, dass die Relation zwischen N und Zucker noch etwas höher war als bei dem Versuche von *Lusk* am Hunde.

Die Zahlenergebnisse sind in folgender Tabelle niedergelegt:

Tabelle 129.

Tag	Zufuhr	Gesammt-N	C Respiration	C Harn	C Koth	C Summe	Eiweiss C abg.	Eiweiss-Calorien	Fett-Calorien	Summe der Calorien	Zucker	Gewicht
6.	—	3·10	41·2	2·25	0·7	44·1	34·3	77·5	421·8	499·3	—	6·96
7.	—	2·51	37·40	1·86	0·7	40·2	32·0	62·7	393·6	456·3	—	6·80
8.	Phlorizin	6·00	51·80	4·4	0·7	56·90	37·2	150·0	440·6	590·0	23·93	6·66
9.	Phlorizin	7·71	52·91	5·5	0·7	59·10	33·8	192·5	415·7	608·2	23·40	6·42

Danach steigt sofort mit der Phlorizineinspritzung der Kohlenstoffumsatz ganz gewaltig.

Die N-Ausscheidung desgleichen, und diese gewinnt am folgenden Tage noch an Umfang. Nach dem zweiten vollen Versuchstage war das Thier recht schwach, zeigte aber eine nicht von der Norm merklich abweichende Temperatur von 38·7°. Es blieb aber auch die folgenden Tage trotz Zufuhr von 100 *g* Fleisch noch recht apathisch und musste gefüttert werden, da es nicht spontan frass. Das Körpergewicht sank ziemlich rasch, aber weniger wegen des grossen Stoffconsums als wohl wegen ungenügender Wasseraufnahme.

Am ersten Tage nach der aufgeführten Reihe kam noch etwas Phlorizin in die ersten mit dem Katheter abgenommenen Harnproben.

Für die Berechnung der Resultate hat sich also Folgendes herausgestellt:

Die Wärmeproduction an den Phlorizintagen beträgt im Mittel 599·1 Cal., dabei ist aber der Verbrennungswerth des Fleisches voll

gerechnet, während thatsächlich 23·93, beziehungsweise 22·40 Zucker im Harn erschienen sind, im Mittel 23·1 *g* gelöste Dextrose, also $237 \times 3{\cdot}755$ Cal. sind als Ausscheidungsproduct gekommen = 89·0 Cal.

Die Wärmeproduction kann also nur gewesen sein

$$\begin{array}{r} 599{\cdot}1 \\ -\ 89{\cdot}0 \\ \hline = 510{\cdot}1 \text{ Cal.} \end{array}$$

Die Hungertage gaben im Mittel 477·8 Cal., sonach ist an den Phlorizintagen mehr Wärme erzeugt, und zwar

$$\begin{array}{r} 510{\cdot}4 \\ -\ 477{\cdot}8 \\ \hline = \ 32{\cdot}3 \text{ Cal.} \end{array}$$

Dieses Mehr an Wärme würde durch ein Mehr von Eiweissumsatz entstanden sein, welches sich ergibt, wenn man Phlorizin- und Hungertage vergleicht,

$$\begin{array}{r} 171{\cdot}2 \\ -\ 70{\cdot}1 \\ \hline = 101{\cdot}1 \text{ Cal.} \end{array}$$

Indem 101·1 Cal. an Eiweiss eingeschmolzen wurde, kamen mehr an Wärme um 32·3 Cal.

$$\text{pro } 100 \text{ Cal.} = 31{\cdot}9.$$

Diese Zahl würde also jenem Wärmezuwachs entsprechen, der durch die Lösung und Spaltung des Eiweisses erzeugt war. Auffallenderweise stimmt diese Zahl ausserordentlich nahe mit jener überein, die wir bei Fütterung von Eiweiss vom Darm aus erhalten haben (30·9).

Die Versuche beweisen mit aller Bestimmtheit, dass auch ohne alle Resorptionsarbeit eine Mehrung der Wärmebildung eintritt, wenn im Körper selbst der Eiweissverbrauch sich erhöht.

Die Darmarbeit und Drüsenarbeit im Sinne der Resorptionsthätigkeit ist damit für die weitere Betrachtung erledigt.

Neben Dextrose finden sich, wie *Külz* gezeigt hat, kleine Mengen von Pentose im Harn nach Phlorizindiabetes.[1])

Es wurde, um die Möglichkeit auszuscheiden, dass neben Dextrose vielleicht noch unbekannte Spaltstücke des Eiweisses ausscheiden, der mit dem Katheter gewonnene Harn eingedampft (mit Oxalsäure) und die Verbrennungwärme bestimmt. Dieser Harn enthielt pro 1 N etwas weniger Zucker als das Gesammttagesmittel und wird daher angenommen, dass der gefundenen Verbrennungswärme des Harns pro

[1]) Zeitschr. f. Biol. XXXII, S. 195. Die Ausbeute an Pentosen ist, auch wenn die heutige Methode viel zu geringe Zahlen geben sollte, sicher zu gering, als dass sie für das Endresultat von Belang wäre.

1 N noch so viele Calorien hinzuzuzählen seien, als der mittlere Zuckergehalt den des angewandten Harnes überschreitet.

Dann ergibt sich pro 1 N im Harn 25·6 Cal. an Verbrennungswerth.

Der Hund hat in zwei Tagen 14 *g* Phlorizin erhalten. 1 *g* dieses angewandten Phlorizins hatte 4·976 Cal.

Man hat daher folgende Berechnung:

13·41 N im Harn × 25·6 . . . . . = 343·2 Cal.
in Phlorizin = 14 × 4·976 = 69·7
in 46·1 Dextrose × 3·755 = 173·1 Cal.
auf 1 N trifft im Hungerharn 8·49 Cal. 13·4 × 8·49 = 113·8,
also sollte der Verbrennungswerth des Harnes sein
69·7 + 173·1 + 113·8 . . . . . = 356·6 „
Daher zu wenig gefunden . . . . . 13·4 Cal.

Dieser Fehler von 13·4 Cal. = 3·7% erklärt sich mit Sicherheit dadurch, dass an dem Tage nach den Phlorizingaben zweifellos noch Phlorizin im Harn ausgeschieden wurde.[1])

Es ist daher bewiesen, dass in der That die Dextrose, das einzige Kohlehydrat, von Bedeutung ist, welches im Harn ausgeschieden wird. Die etwaigen anderen Spaltstücke des Eiweisses spielen quantitativ keine Rolle.

Die Annahme von *Uschinski*,[2]) wonach der Gaswechsel nach Phlorizin nicht wesentlich geändert sei, Harnstoff und Gesammtstoffwechsel herabgesetzt sei und die Wärmeabgabe falle, sind nach meinen Beobachtungen sicherlich unrichtig. Nur an dem Versuchstage, an welchem mein Versuchsthier starb, zeigte sich eine starke Verminderung der Kohlensäureausscheidung auf nahezu die Hälfte der sonstigen Höhe. Das sind aber Zahlen für moribunde Thiere, die vermuthlich mit den allmählich sich ausbildenden subnormalen Temperaturen Hand in Hand gehen.

Zu der wärmesteigernden Wirkung des Eiweisses würde also gar nicht nothwendig sein, dass das letztere verbrannt wird, somit lässt sich die Wirkung gewissermaassen auf bestimmte Stoffgruppen im Eiweiss localisiren.

Lusk hat einen Versuch mitgetheilt, bei welchem irgend eine Aenderung des Kraftwechsels nach Gaben von Phlorizin nicht eintrat. Aber der Umstand, dass er diese Experimente bei gewöhnlicher Temperatur vornahm, liess die Resultate, wegen des compensatorischen Ausgleiches für meine Zwecke nicht verwerthen.[3])

---

[1]) Durch Ausschütteln mit Aether habe ich nur 0·7 *g* Phlorizin am Tage nach den subcutanen Einspritzungen erhalten, aber die Löslichkeit in Aether ist eine sehr unvollkommene.
0·7 Phlorizin = 3·5 Cal., es geht dadurch das Deficit auf 9·9 Cal. = — 2·7% herunter.

[2]) Maly's Jahresbericht 1894, S. 484.

[3]) Festschrift f. C. Voit, Zeitschr. f. Biol. l. c.

Es stehen aber seine Ergebnisse durchaus nicht im Widerspruche mit meinen Angaben.

Der Process des Diabetes ist also nur dadurch complicirt, dass dabei der entstehende Zucker nicht weiter zerlegt wird.

Von Interesse ist für die weitere Betrachtung die folgende Zusammenstellung:

Art der Zufuhr	Art des Umsatzes	Wärmezuwachs für 100 Calorien Zufuhr oder Umsatzmehrung
Nahrungszufuhr	Muskelfleisch	30·9
„	Leim	28·0
Im Körper entst.	Hungerumsatz	(34)
„	Phlorizindiabetes	31·9

Somit würden wir für den Zustand völliger Ausschaltung der Wärmeproduction zu der Anschauung gedrängt, dass das Eiweiss im Wesentlichen auch unabhängig von der Nahrungsaufnahme durch den Darm die Ursache für eine Steigerung des Energieverbrauches darstellt. Diese letztere hängt nicht mit dem völligen Abbau des Eiweissmoleküles, sondern mit anderen Spaltungsvorgängen zusammen, wie der Phlorizinversuch darthut.

Die specifisch-dynamische Wirkung wäre sonach grösstentheils, wenn nicht ganz, ein Zeichen einer specifischen Eigenart der Wärmebildung über das Maass des energetischen Bedürfnisses hinaus.

IV.

Wir wollen daher zur Klärung der Angelegenheit versuchen, in welcher Weise man die Anschauungen über die Verbrennung im Thierkörper modificiren müsste, um festzustellen, was das Wesen der specifisch-dynamischen Wirkung sei. Wir haben festgestellt, dass die verschiedenen Stoffe bei gleicher Calorienzufuhr eine verschiedene Steigerung der Wärmeerzeugung vollbringen. Ist damit aber der Cardinalpunkt erledigt, dass deswegen die Lebensintensität in allen Fällen auch wirklich ungleich war? Nach der bis jetzt giltigen Auffassung zweifellos; lässt sich aber daran festhalten?

Wir dürfen hoffen, dass eine energetische Betrachtung uns für weitere Zwecke den richtigen Weg zeigen wird. Der Grundsatz thierischen Lebens lautet, dass die Zellen Bedarf nach Zufuhr von Spannkräften haben, welche nur aus einer beschränkten Anzahl von Stoffen, die wir organische Nahrungsstoffe nennen, gedeckt werden können. Von den anderweitigen Aufgaben der Nahrungsstoffe im Allgemeinen mag hier ausdrücklich abgesehen sein.

Die Werthigkeit eines Nahrungsstoffes in diesem Sinne wird bemessen nach dem, was er für das Thier leistet. Die Erhaltung des

Thieres ist also zugleich ein Gradmesser für die Wirksamkeit eines Nahrungsstoffes.

Unter diesem Gesichtspunkte und für die Erhaltung des Kräftegleichgewichtes betrachtet, wären also die einzelnen Nahrungsstoffe ungleich.

Die idealste Ausbeute an nutzbarer Energie hätten die Kohlehydrate, dann folgen die Fette und am geringsten wäre der Werth der Eiweissstoffe. Das ist eine Anschauung, welche sich allerdings mit den heute geltenden Meinungen gar nicht deckt; wir werden aber dieselbe in ihren weiteren Consequenzen verfolgen.

Das Problem kann sowohl in der Richtung der energetischen Vorgänge, als auch im Hinblick auf die stofflichen Vorgänge und in chemischer Beziehung weiter verfolgt werden. Ich beginne mit der Besprechung der ersteren. Es ergibt sich für die energetische Betrachtung aus dem oben Gesagten die wichtige Erkenntniss, dass die ungenügende Wirkung des Eiweisses und der N-haltigen Stoffe überhaupt in der ungleichartigen Form der Energie zu suchen sein muss; es muss die Energie in zwei verschiedenen Formen auftreten, aber wir sind gleich in der Lage, diese Formen näher nach den biologischen Wirkungen zu trennen.

Die bei dem hungernden, aber fettreichen Thiere, welches für uns das Vergleichsobject biologischer Leistung darstellt, auftretende Energie bedeutet mehr als die in der Nahrung zugeführte, beziehungsweise als die in Eiweiss gegebene.

Eine ganz bestimmte Richtung werden wir gewiesen, wenn wir uns vergegenwärtigen, dass dieselbe Gewichtsmenge Eiweiss einen ganz verschiedenen energetischen Erfolg erzielt bei niedriger und bei hoher Lufttemperatur, bei chemischer und bei physikalischer Wärmeregulation.

Die Spaltung und Zerlegung ist ganz gewiss in beiden Fällen genau dieselbe, die gleiche Wärmemenge wird aus gleichen Gewichtsmengen des Umsatzes frei, das einemal werden alle Calorien nach dem Grundgesetz der isodynamen Vertretung ausgenützt, das anderemal haben wir 40% als Wärmemehrung.

Wir müssen daher schliessen, dass die Energie, welche aus Eiweiss im Körper verfügbar wird, keine einheitliche sei, sondern die eine aus biologischen Gründen voll benützbar ist, die andere dagegen nicht. Eine solche Zweitheilung der verfügbaren Energie entspricht aber durchaus den Thatsachen, wie man leicht nachweisen kann.

Die Formen, unter denen die Spannkräfte des Körpers verwerthet werden können, sind von zweierlei Art, entweder kann durch Umsetzungen Wärme frei werden wie bei einfachen chemischen Reactionen, oder die Spannkraft kann zu den eigenartigen Bewegungen der Materie verwendet werden, die das Leben darstellten und nach Durchgang dieser Energieform in Wärme umgewandelt werden.

Die Wärme selbst ist keine Energieform, die das Leben allein erhalten kann, sondern es gehört dazu die Einführung und Uebermittlung von ernährenden Molekülen mit nutzbaren Spannkräften an die Zelle. Das wenigstens müssen wir als das Wesen des Lebensprocesses auffassen.

Im Organismus verlaufen aber sicherlich eine ganze Menge von solchen Umlagerungen, welche unabhängig von der Zelle durch Fermente oder nach rein thermochemischen Gesetzen sich erledigen. Von dem Umfange solcher und von ihrem Verhältnisse hatten wir bis jetzt keine quantitative Vorstellung. Aber es wären ja leicht eine ganze Reihe solcher Vorgänge aufzuzählen. Wenn ein Nahrungsmaterial zerfällt, so erhält man neben den energetischen Leistungen, worauf ich zuerst aufmerksam machte, die Neutralisation der Kohlensäure noch hinzu, einen Vorgang, den in letzter Zeit *Berthelot* weiter verfolgt hat, und in der Lunge dann den rückläufigen Process der Wärmebindung durch Kohlensäureverdunstung und einen erneuten Ausgleich durch Wärmebindung bei Aufnahme von Sauerstoff und Wärmebindung in den Capillaren, bei Abfuhr von Sauerstoff nach den Geweben. Fermentative Processe spalten im Verdauungscanal und im Körper selbst mit einem steten Wechsel positiver und negativer Wärmelösung, bakterielle Processe meist bescheidener, beim Pflanzenfresser vielleicht bedeutenderen Umfanges machen, wie ich nachgewiesen habe, Wärme frei, manche Stoffe, die Vorläufer von Harn und Koth, entstehen nicht unmittelbar, sondern erst allmählich vielleicht nach complicirten Gleichungen; mehrfach haben wir neben dem Abbau von Stoffen synthetische Processe geringeren Umfanges.

Dass wir es also im Organismus neben den echten energetischen Vorgängen für die Lebenserhaltung mit solchen einfachen Wärmeprocessen zu thun haben, unterliegt nicht dem geringsten Zweifel.

Ja gerade dieses thermochemische Gewirre von Zersetzungen ist mit ein Grund gewesen, dass manche Chemiker sich der Anschauung von der isodynamen Vertretung der Stoffe nur mit Widerstreben angeschlossen haben, mit Unrecht, denn die biologischen Verhältnisse wollen für sich und als eigenartige betrachtet sein.

Im Körper haben wir also zwei grundverschiedene Processe der Auslösung der Spannkraft, die directe Zufuhr der Kraft zur Zelle, mag man sich diesen Vorgang nach Art einer chemischen Reaction oder anderweitig vorstellen und die freie Wärme, welche aus allen anderen thermochemischen Gleichungen hervorgeht.

Ist aber die Wärme, die thatsächlich allein und für sich nicht zur Lebenserhaltung dienen kann, für den complicirten Organismus ein unersetzlicher Verlust?

Dies muss man direct verneinen; die Lösung dieses Räthsels gibt die chemische Wärmeregulation, die uns mit einemmale in einem völlig neuen Lichte erscheint. Sie schützt uns nicht allein vor allen

energischen Wärmeentziehungen, die dem Leben gefährlich werden können; sie ist zugleich derjenige Mechanismus, der auch die sonst für das Leben unbrauchbare Energieform, die Wärme, bis zur letzten Calorie der Zufuhr auszunützen erlaubt.

In neuerer Zeit ist viel davon die Rede, dass als Kraftquelle auch osmotische Vorgänge angesehen werden können, und dass auch Salze unter diesen Verhältnissen eine wichtige Rolle beanspruchen können. Es ist gewiss in hohem Maasse interessant, die neuen Thatsachen, wie sie namentlich aus den Untersuchungen von *vant Hoff* sich ableiten lassen, auch für die Biologie zu verwerthen.

In der Beurtheilung der Thatsachen hält man aber nicht die richtigen Consequenzen fest. Die nicht nur im Darm in beschränktem Umfange, sondern die auch sonst sich abspielenden osmotischen Vorgänge haben nur als intermediäre Processe positiver und negativer Wärmebildung ihre Bedeutung, ohne selbst für den Körper neue Kraftquellen darzustellen.

Das Bestehen der isodynamen Vertretung beweist mit absoluter Sicherheit, dass alle Wärmebildung, mag sie nun rein biologisch zu Stande kommen oder auf thermochemische Processe anderweitiger Natur zurückgeführt werden, voll und ganz in Function tritt.

Die physikalische Regulation scheidet offenbar zwischen rein energetischen Vorgängen und den thermochemischen und anderweitigen unter Wärmebildung unabhängig vom Zellleben verlaufenden Processen.

Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, würde also der specifischen Wärmebildung eine ganz ausserordentlich grosse, für die Erkenntniss des chemischen Abbaues wichtige Bedeutung zukommen.

Nur möchte ich noch nicht als ausgemacht betrachten, dass die quantitativen Verhältnisse schon ganz geklärt seien.

Aber es ist ein Weg weiter gewonnen, der zusammengenommen mit den Ergebnissen der physiologischen Chemie und thermochemischen Studien eine weitgehende Perspective eröffnet.

Auf einige quantitative Angaben komme ich unten zurück.

Die weittragendsten Consequenzen würde eine solche Auffassung für den Stoffwechsel der Kaltblüter haben, die frei von den Einrichtungen der chemischen Regulation, als minder vollkommene Geschöpfe, auch hinsichtlich ihrer Nahrungsverwerthung, angesehen werden müssten.

Hier könnte aber die Eigenthümlichkeit des Eiweisses, mehr durch fermentative Processe der Spaltung an Wärme zu liefern, vielleicht eine bedeutende Rolle spielen und das träge Protoplasma zu activerem Leben reizen, eine Art von Zündstoff, welcher das Feuer anfacht, dass es sich mit grösserer Intensität der circulirenden Nahrungsmoleküle bemächtigen kann.

Aber auch für die Kaltblüter dürfen wir nicht vergessen, dass nicht Eiweiss allein in der Lage ist, bei freilebenden Thieren die Ernährung zu übernehmen.

Stehen die beobachteten Verhältnisse wirklich im Einklang mit den anderweitigen Erfahrungen über die Zerlegung der Nahrungsstoffe vom chemischen Standpunkte? Gerade vom Eiweiss unterliegt es keinem Zweifel, dass seine allmähliche Zerlegung sehr complicirten chemischen Reactionen unterliegt, auch kann man unmöglich diesen vorbereitenden Abbau und die Bearbeitung der Spaltstücke einem oder auch nur einer bestimmten Organgruppe zuschreiben.

Freilich können wir über die thermochemischen Arten der Zerlegung nicht viel Näheres sagen. Im Allgemeinen führen sicherlich schon diejenigen Operationen, welche die Aufnahme des Eiweisses vorbereiten, zu complicirten Vorgängen, welche theils mit positiven, theils negativen Wärmetönungen verknüpft sind, und in welche der Organismus mehr oder minder nur durch Fermente anregend und fördernd eingreift.

Die Quellung der Eiweissstoffe verläuft sicher unter Wärmeentwickelung; daran anschliessend findet in mehr oder minder grossem Umfang eine Zerkleinerung der Molekularverbände und der Moleküle mit dem Charakter von Hydratationserscheinungen statt.

Als ein analoges Beispiel mag die Umwandlung des Rohrzuckers in Glukose und Fruktose gelten, welche nach den Bestimmungen von *Stohmann*[1]) nach der Formel

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6 = + 3{\cdot}1 \text{ Cal.}$$

mit einer minimalen positiven Wärmetönung (+ 3·1 Cal. pro Molekül = 1352·7 Cal.) verläuft und ähnlich für Cellulose bei der Umwandlung in Glukose pro Molekül = + 4·3 Cal. ($= C_6H_{10}O_5$).

Die Spaltproducte können ihrerseits als Säure oder Basen thermische Wirkungen entfalten, die Lösung der neuen Producte kann, wie *Vintschgau* zuerst bei der Magenverdauung gezeigt hat, mit erheblichen Wärmebindungen zusammenfallen; die Spaltung in einen N-freien und N-haltigen Theil bei dem Eiweiss muss gleichfalls als vorbereitender Act für den definitiven Abbau angesehen werden, dessen thermochemische Veränderung kaum als Energiequelle für die Zellen gelten dürfte. Es mag hier an die Frage der Harnstoffbildung erinnert sein, für welche zum kleinsten Theile ein Abbau grösserer Spaltstücke, zum grösseren Theile vielleicht wie bei der Annahme der Bildung aus kohlensaurem Ammoniak oder carbaminsaurem Ammoniak ein beschränkter Aufbau einer complicirteren Verbindung, wenn man so sagen will, zugrunde gelegt werden muss. An Möglichkeiten, dass bei dem natürlichen Abbau des Eiweisses in erster Linie durch die chemische Umsetzung unmittelbar Wärme frei werden kann, fehlt es also sicher nicht.

Können wir also diesen thermochemischen Gleichungen aus Mangel aller befriedigenden Grundlage nicht näher nachgehen, so wollen wir

---

[1]) Journal f. pr. Chemie, Bd. XLV, S. 343.

uns der anderen Seite der Frage zuwenden, was denn das eigentlich Nährende darstellen dürfte.

In erster Linie wollen wir festzustellen versuchen, wie gross denn der Energierest ist, dem wir die eigentliche Wirksamkeit des Nährenden zuschreiben müssen.

Behufs einer solchen Berechnung kehren wir zur Thatsache zurück, dass von den N-haltigen Stoffen viel mehr Energie nothwendig ist als von den N-freien Stoffen.

Ein Theil N, als Fleisch zugeführt, hat 34·7 Cal. Werth (Brutto, Gesammtwerth) nach meinen Versuchen. Wenn man aber ein Thier ganz mit Eiweiss im Zustande der physikalischen Regulation erhalten will, so muss man rund 1·4mal so viel an Calorien zuführen, als dem Nutzungswerth des Eiweisses im Gebiete der chemischen Regulation entspricht.

1 N (Nutzwerth) $= 26 \times 1{\cdot}4 = 36{\cdot}4$ Cal., 36·4 Cal. (Nutzwerth) geben bei physikalischer Regulation nutzbare Energie $= 26 = 71{\cdot}43\%$.

Der wahre Nutzwerth im Gebiete der physikalischen Regulation ist also

$$1\ \text{N} = 18{\cdot}6\ \text{Cal.}$$

Am übersichtlichsten werden die Processe der Energie- und Wärmevertheilung durch die nachfolgende Tabelle dargestellt.

Tabelle 130.

Leim		Muskelfleisch	
1 N (Brutto)	= 28·4 Cal.	1 N (Brutto)	= 34·7 Cal.
Zur Erhaltung nöthig		Zur Erhaltung nöthig	
1·39 × 28·4	= 39·5 „	1·4 × 34·7	= 48·6 „
Treten ein für	20·5 „	Treten ein für	26·0 „
Nutzeffect auf Bruttozufuhr	51·9%	Nutzeffect auf Bruttozufuhr	53·6%
Verlust (aller Processe) . .	48·1%	Verlust (aller Processe) . .	46·4%
„ durch Harn u. Koth	27·9%	„ durch Harn u. Koth	25·1%
Also Wärmeprocesse . . .	20·2%	Also Wärmeprocesse . . .	21·3%

Leim und Muskelfleisch sind sich ihrer chemischen Constitution und dem Wärmewerthe nach sehr ungleich. Ich berechne zunächst, wie viel Calorien als Zufuhr nothwendig sind, um so viel an Energie zu liefern, als durch eine beliebige Spannkraftmenge, z. B. pro 1 N gedeckt werden muss. Dann lässt sich der wahre Nutzeffect unter diesen Verhältnissen berechnen. Derselbe bewegt sich zwischen 52 bis 54% bei Leim und Muskelsubstanz. Bekannt ist durch meine Untersuchungen, wie viel Energieverlust auf die festen und flüssigen Abgänge kommt, dieser Werth von dem Gesammtverluste abgezogen lässt einen erheb-

lichen Rest, welcher alle Vorgänge in sich fast, welche nicht als energetische Vertretung aufgefasst werden können; ich habe dafür kurz den Ausdruck Wärmeprocesse genommen.

Somit werden bei Leim 20·2% und bei Muskelfleisch 21·3% der Gesammtenergie für diese Umwandlungen aufgebraucht.

Eiweiss und Leim sind also Verbindungen, welche bei den Umlagerungen im Thierkörper (ohne die energetische Wirkung) zwischen 20 bis 21% der Gesammtenergie (Bruttowärme) verlieren. Das wird nicht einfache Spaltwärme sein, da, wie gesagt, auch Oxydationsumwandlungen ohne speciellen Werth für die Zelle verlaufen mögen.[1])

Die Zahlen sind demnach für beide Stoffe sehr ähnlich. Der grössere Werth 21·3 trifft auf Muskelfleisch, dessen Energie wegen des geringen N-Gehaltes (16·4) gegenüber dem Leim (18·3) besser verwerthbar ist. Wie sich diese 20·2 bis 21·3% der Wärmewirkung auf die chemische Arbeit für die Bereitung von Harn und Koth (allmähliche Umwandlung) in die Spaltungen und die Herstellung N-freier Nährstoffe vertheilen, ist nicht weiters festzustellen.

Also nur ein Theil des Eiweisses kann im Körper, der keine chemische Regulation besitzt, thatsächlich zur Deckung des Energiebedarfes verwendet werden. Ein sehr erheblicher Theil der eingeführten Energie wird für Vorgänge, die im Organismus der Hungernden nicht oder meist nicht in gleichem Umfange auftreten, verbraucht; man kann nicht sagen nutzlos verbrannt, denn es muss eben dieses Mehr als eine nothwendige Folge unserer Organisation angesehen werden, als die Wirkung des Vorganges, dass der Hungernde seine Körperstoffe, und zwar im Wesentlichen nur Fett, verbrennt.

Das ist das Ergebniss, welches mit den Vorstellungen von der besonderen hochwerthigen Bedeutung des Eiweisses diametral im Gegensatze steht, da man nur zu sehr geneigt ist, dem Eiweiss nach allen Richtungen hin eine den N-freien Stoffen gegenüber überlegene Rolle zuzuschreiben und man bereits angefangen hat, aus der von mir zuerst erwiesenen Mehrung der Wärmebildung nach Eiweisszufuhr die gleichen Schlüsse abzuleiten, dass Eiweiss der alleinige zur Kraftbemessung geeignete Nahrungsstoff sei.

Ich habe schon einmal erwähnt, dass es mir unwahrscheinlich erscheint, dass frei lebende Thiere, die frei in der Wahl der Nahrung und frei in der Wahl ihres Aufenthaltsortes sind, jemals die Wirkung der Eiweissüberwärmung ganz zu fühlen bekommen.

Aller Wahrscheinlichkeit nach werden sie durch Mitgenuss von Fett den Wärmeüberschuss mildern oder aber es wird auf dem natürlichen Wege des Erbrechens ein Theil der Kost ausgeschieden, wie wir es bei unseren Leimversuchen als Regel gesehen haben, auch eine Art regulatorischen Vorganges, wenn man so sagen will.

---

[1]) Dass unter solchen Umständen auch die O-Messung, schon um dieses Einflusses willen, nicht immer kein Maass des Energieumsatzes sein kann, ergibt sich von selbst.

Die thierische Organisation räumt, wie ich an anderer Stelle sagte, mit dem überschüssigen Eiweiss auf, weil offenbar die einseitige Eiweissmast nach vollendetem Wachsthum etwas Schädliches sein würde.[1])

Es wäre ganz unzutreffend, wollte man für diesen Mehrverbrauch an Energie den Begriff der Luxusverbrennung einführen, wie man von Luxusconsumtion, Luxusathmung spricht. Die überschüssige Wärme ist zum grossen oder grössten Theile der Ausdruck für die thermochemischen Vorgänge, welche die Spaltung des Eiweisses begleiten.

Ich halte es für höchst wahrscheinlich, dass die ungleiche Grösse der specifisch-dynamischen Wirkungen im Wesentlichen ein Ausdruck für die ungleiche Art der Zerlegung im Thierkörper ist, und dass wir reine Wärmeprocesse neben den energetisch, biologisch werthvollen Processen zu unterscheiden haben und unterscheiden können.

Nachdem wir angegeben haben, wie man sich über die Grösse der für energetische Zwecke und thermochemische Vorgänge im weitesten Sinne des Wortes unterrichten kann, wollen wir versuchen, noch bezüglich des im Energieersatz verwertheten Antheiles des Eiweisses uns näher aufzuklären.

V.

Man wird sich selbstverständlich das energetisch Wirksame als eine bestimmte Substanz oder doch als ein Substanzgemenge nicht sehr complicirter Art vorstellen können oder vorstellen wollen.

In dem Bestreben nach einem solchen werthvollen Kern in den Eiweissmolekülen zu suchen, werden wir durch die chemischen wie physiologisch-chemischen Erfahrungen einen ganz bestimmten Weg gewiesen.

Der wirksame Kern liegt im Wesentlichen im N-freien Rest des Eiweisses, wobei es natürlich offen bleiben kann, ob nicht noch energetische Wirkungen höchst unbedeutenden Umfanges auch der Verarbeitung des N-haltigen Antheiles entstammen.

Mehrfach hat man angenommen, dieser N-freie Rest werde wohl Fett sein und hat auf Grund der elementaren Zusammensetzung des Eiweisses und seiner N-haltigen Abgänge durch Berechnung die Grösse dieses Antheiles festzustellen. So ist die Formel von *Henneberg* entstanden und aufzufassen.

Solche Aufstellungen und Berechnungen elementarer Verschiebungen haben natürlich nur beschränkten Werth, sie sind ja schliesslich willkürlich, haben aber insoferne ihre Bedeutung, als sie eine maximale Begrenzung für die Grösse und den Umfang des N-freien Restes geben.

Sie haben aber den wesentlichen Mangel, dass man ohne Kenntniss der thermochemischen Grundlagen sich viel zu werthvolle Theilstücke abspaltend denkt; derartige tiefgreifende Aenderungen lassen sich ohne wichtige thermische Veränderungen nicht annehmen.

---

[1]) Zu einer ähnlichen Anschauung ist auch *Gruber* in einer eben erschienenen Arbeit geführt worden. Zeitschr. f. Biol., Bd. LXII, S. 407.

Man hat im Laufe der Jahre wenig Anhaltspunkte dafür gefunden, dass der Rest des Eiweisses, so weit er N-frei ist, als Fett in Anspruch genommen werden könnte.

Dagegen haben die physiologischen Untersuchungen der letzten Jahrzehnte überzeugend dargethan, dass ein Kohlehydrat unzweifelhaft zu den natürlichen Spaltstücken des Eiweisses gehört, in welchem Umfange, das wollen wir vorläufig dahingestellt sein lassen.

Nach dem Aufbau der Stoffe in der Pflanze kann man annehmen, dass das Eiweiss aus Kohlehydratgruppen und amidartigen Antheilen sich bildet, somit könnte wohl die Spaltung im Thierkörper auch zunächst in einer solchen Richtung erfolgen. Auch aus biologischen Gründen, so weit sie den Umsetzungen im Thierleib entsprechen, wird man auf die Annahme eines Bruchstückes kohlehydratartiger Natur gedrängt.

Alle unsere Erfahrungen weisen mit aller Bestimmtheit darauf hin, dass wir Kohlehydrat als mehr oder minder grosse Stücke des Eiweissmoleküls ansehen müssen. Die Annahme, solche Complexe entstünden etwa wieder als Spaltstücke aus fettartigen Gruppen, hat keinerlei Wahrscheinlichkeit für sich.

Für die Kohlehydrate als Spaltstücke des Eiweisses gibt es eine Fülle von werthvollen Thatsachen.

Ein Kohlehydrat, dessen Ansammlung im Körper näher verfolgt worden ist, stellt das Glykogen dar, das namentlich 14 bis 16 Stunden nach der Mahlzeit, wie die Versuche von *Külz* gezeigt haben, ein Maximum in der Leber erreicht.

Die wesentlichsten Glykogenbildner sind die Kohlehydrate der Nahrung, Dextrose, Invertzucker, Maltose, Rohr- und Milchzucker, aber Glykogenanhäufung wird auch nach Verfütterung von Fibrin, Muskeleiweiss, Eieralbumin, Leim erzeugt, dagegen nicht aus Fett. Wie in der Leber, so bleibt Glykogen auch in den Muskeln liegen, das erstere scheint aber besonders zu einer Ergänzung des Zuckergehaltes des Blutes bestimmt.

Die Beziehungen der N-haltigen Stoffe zur Glykogenbildung sind also ganz zweifellose.

Die Untersuchungen von *E. Külz* und seiner Schüler haben eine Fülle von Thatsachen ergeben, welche ohne die Annahme einer Glykogenbildung aus Eiweiss gar nicht zu verstehen sind.[1]) Sie zeigen mit Bestimmtheit eine offenbar regelmässige Abspaltung von Glykogen, beziehungsweise Zucker aus Eiweiss. Interessant sind auch die Ergebnisse von *Külz* hinsichtlich der glykogenmehrenden Wirkung der Narcotica. Auch die mit Eiweisssubstanzen ausgeführten Fütterungsversuche können als völlig einwandfrei gelten.

---

[1]) Festschrift der medicinischen Facultät zu Marburg 1890, S. 95. Siehe auch *M. Cremer*, Zeitschr. f. Biol. XXIX, S. 484.

Die Zuckerbildung aus Eiweiss wird heutzutage wohl nur noch von wenigen bestritten.[1])

Die Zuckerbildung aus Eiweiss steht fest, damit wäre ja theoretisch auch die Möglichkeit der Fettbildung aus Eiweiss nicht zu bestreiten; praktisch hat meiner Meinung nach die Frage der Fettbildung aus Eiweiss im Sinne einer nennenswerthen Menge abgelagerten Fettes sicherlich keine Bedeutung. Die dazu nöthigen Ueberschüsse an Fleischnahrung führen, wie meine Versuche zeigen, schnell zu einer weiteren Zerstörung des Eiweisses.

Bei der Untersuchung der Eiweissstoffe ist man mehrfach auf eine Kohlehydratgruppe gestossen. Eine Erfahrung dieser Art hat man bei den Mucinen gemacht, bei welchen durch Kochen mit Säuren ein Körper abgespalten wird, der die *Trommer*'sche Probe gibt, Glykosamin.[2]) Aehnlich verhält sich Ovomucoid und Ovalbumin, Chondromucoid u. s. w. Ein Kohlehydratcomplex ist in den Nucleïnstoffen vorhanden, in der Hefenucleïnsäure fand *Kossel*[3]) eine reducirende Hexose und die Reactionen von Pentose. Aehnliche Verhältnisse fanden sich bei der Thymusnucleïnsäure, in der Nucleïnsäure des Fischspermas, einer Nucleïnsäure aus Pankreas.[4])

Auch pathologische Erfahrungen, wie die über Diabetes, auf welche wir noch zu sprechen kommen, geben bestimmte Anhaltspunkte für die Möglichkeit, dass Zucker aus Eiweiss gebildet wird.

Dieses Spaltproduct muss sehr schnell erzeugt werden, wie die bezüglich der Glykogenbildung gewonnenen Erfahrungen besagen, wie denn überhaupt die Trennung in den N-haltigen und N-freien Theil, wie wir aus der raschen Ausscheidung der N-haltigen Endproducte im Harn wissen, ungemein leicht vor sich geht. So complicirt auch die Umwandlung der N-haltigen Reste sein mag, zeitlich verläuft sie sehr rapid.

Hinsichtlich der Frage, ob diese Kohlehydratabspaltung den einzigen Theil des N-freien Stoffes des Eiweisses darstellt, sind die Acten nicht geschlossen, aber doch eine Reihe von Anhaltspunkten gewonnen, die wir noch zu verwerthen gedenken.

Somit liegen also so bedeutungsvolle Thatsachen vor, dass man in der That zur Annahme berechtigt sein kann, dass aus Eiweiss ein Kohlehydrat (Dextrose, Glykogen) sich abspaltet, das dann allmählich in den Kreislauf geräth und die wahre im Eiweiss vorhandene Energiequelle darstellt.

Vielleicht ist es unzulässig, nur dieses eine Spaltproduct in Betracht zu ziehen, da ja neben Dextrose oder Glykogen auch noch an-

---

[1]) *Pflüger*'s Archiv Bd. LI, S. 229 und 317 ff.

[2]) *Fritz Müller*, Sitzungsberichte der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften. Marburg 1894. — *Zanetti*, Ann. di Chim. e Farmac. 1897.

[3]) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1893, 159.

[4]) Siehe auch *Kossel*, Ueber den gegenwärtigen Stand der Eiweisschemie. Ber. d. chem. Gesellschaft XXXIV, S. 3214.

dere Antheile kohlehydratähnlicher Natur vorhanden sein könnten. Es wird aber später sich noch Gelegenheit finden, auf diese Nebenfrage einzugehen.

Ich habe gefunden, dass 1 N im Eiweiss nur 18·6 verwerthbare Energie liefert, welche Dextrosemenge ist dann als Spaltproduct anzunehmen?[1])

$$\frac{18{\cdot}6 \text{ Cal.}}{3{\cdot}743} = 4{\cdot}97\,g \text{ Dextrose (trocken) oder}$$
$$4{\cdot}43\,g \text{ Glykogen } (1\,g = 4{\cdot}191 \text{ Cal.}).$$

Wenn die 18·6 Cal. nutzbarer Natur aus Dextrose bestehen, so müssten sie 4·97 g entsprechen = 1 N.

Man kann sich fragen, welche Annahmen gemacht werden müssten, um eine solche Menge als Zucker abzutrennen; eine solche Spaltung ist nur möglich, wenn vorher eine reichliche Aufnahme von Wassermolekülen eingetreten ist.

Diese Umwandlung wäre nur denkbar unter nicht unerheblicher Abgabe von Wärme.

Offenbar kommen die Eiweissstoffe, welche wir aufnehmen, bereits mit reichlichen Mengen von Wasser verbunden, in den Körper und in Circulation. Ich habe diese Quellung auch bereits schon bei Berechnung meiner Standardzahlen berücksichtigt (siehe Capitel II).

Wenn Stärke quillt, nimmt sie auch reichlich Wasser auf.

Die Wasseraufnahme bei Veränderungen der Stärke ist von *Rodewald* näher untersucht worden, er fand, dass der Wassergehalt der Stärke im Quellungsmaximum rund 36% beträgt. Sie gibt dabei pro 1 g 24 Cal. an Wärme ab. Offenbar werden schon bei diesem Quellen die Molekularverbrände der Stärke kleiner.[2])

Noch viel umfangreicher könnte die Wasseraufnahme bei den Eiweissstoffen angenommen werden. Im frischen Zustande enthält ja doch das Fleisch der verschiedensten Thiere fettfrei berechnet, 18 bis 20 Theile feste Substanz in 100 Theilen Fleisch = 80 bis 82 Theile Wasser, das nur zum Theile in fester gebundenem Zustande vorliegt.

Die Quellung ist übrigens nicht identisch mit den Vorgängen, welche man als Hydratationsvorgänge im weiteren Sinne aufzufassen pflegt, mit einem Zusammenbruch von grossen Molekülen in kleine, mit den Uebergang von Albumosen in Peptone.

Auch im gequollenen Zustande kann die Molekulargrösse noch eine sehr bedeutende sein.

Von *Rodewald* sind Angaben über das Molekulargewicht der gequollenen Stärke (Wasserfreie + 36 Wasser) gemacht worden = 4370, was der Formel $C_{162}H_{270}O_{135}$ entspräche.[3])

---

[1]) 1 g Dextrose trocken = 3·743 Cal.
1 g Glykogen „ = 4·191 „

[2]) Untersuchungen über die Quellung der Stärke. Kiel 1896.

[3]) Zeitschr. f. physik. Chemie 1897, S. 193.

Nach diesen Vorbemerkungen sollen wir zu näherer Betrachtung der Umsetzungen übergehen, welche sich bei der Zuckerabspaltung als nothwendig erweisen würden.

Als gegeben haben wir für die nächststehende Rechnung die Menge des Zuckers im Verhältnisse zu N, und die Abfallstoffe Harn und Koth gleichfalls, bezogen auf den N-gehalt des Muskelsfleisches.

Addirt man zu 100 Theile trockenen, fettfreien Fleisches 36·1 Theile Wasser und legt die Elementarzusammensetzung des Muskelfleisches (fettfrei) nach *Stohmann* zugrunde,[1]) so findet sich:

	C	H	N	O + S
	52·02	7·3	16·36	24·4
+		3·9	—	32·2
so bleibt	52·02	11·2	16·36	56·6
ab	32·63[2])	5·5	—	43·1
Rest:	19·39	5·8	16·36	13·5

Die nach meinen Voraussetzungen ableitbare Zuckermenge lässt also von dem Muskelfleisch eine sehr erhebliche Menge von verbrennlicher Materie übrig, welche für einen weiteren Abbau Verwendung finden würde.

Von 137·9 *g* würden abzuziehen sein 81·3 *g* Zucker

= 81·3

56·6, somit würden 56·6 Theile Rest bleiben mit 19·39 C, 5·8 H, 16·36 N, 13·5 O + S.

Dies ist schon zunächst dadurch erklärlich, dass in dem Fleische, in dessen Extractivstoffen eine erhebliche Masse von, mit Rücksicht auf die calorimetrischen Verhältnisse, nicht weiter verwerthbaren Stoffen enthalten sind.

Im Uebrigen vollzieht sich mit diesem Reste der bei Eiweissstoffen übliche Abbau des N-haltigen Materiales, über dessen chemischen Verlauf so zahlreiche Hypothesen aufgestellt worden sind. Ich erinnere dabei nur an die verschiedenen Eventualitäten der Harnstoffbildung *(Hoppe Seyler, Salkowski, Drechsel)*. Auch heute herrscht diesbezüglich keine vollkommene Uebereinstimmung in den Anschauungen.

Für die vorliegende Frage liegt kein Zwang vor, sich für irgend welche Theorie zu entscheiden; ob die ersten Bruchstücke grösser oder kleiner sind, ob ein einfacher Abbau, ob weitergehende Spaltung mit nachträglicher Synthese den Veränderungen zugrunde liegen, sind ja an und für sich äusserst wichtige Vorgänge, denen mit den oben besprochenen Umwandlungen, die wir zugrunde legen, nicht der geringste Zwang auferlegt wird.

Wir erhalten also nach Abzug des Zuckers einen erheblichen Rest an N-führenden Stoffen.

---

[1]) Journal f. pr. Chemie.

[2]) = 16·36 × 4·97 Dextrose pro 100 *g* Fleisch.

Zieht man hiervon die Elemente ab, die in Harn und Koth wirklich austreten,[1]) so hat man annähernd:

C	H	N	O + 5
19·4	5·8	16·36	13·5
12·8	2·9	16·36	13·5
6·6	2·9	0	0

Es bleibt ein Rest, der also jenem Kohlenstoffantheil zuzuschreiben ist, welcher allmählich bei den Umwandlungen des N-haltigen Spaltstückes noch oxydirt werden könnte.

Möglich, dass noch ein anderes Spaltstück N-freier Natur, das aber nicht weiter energetisch verwerthbar ist, dazwischen liegend angenommen werden muss. Die restirende C- und H-Menge wird also in irgend einem Zusammenhange mit den übrigen Elementen gedacht werden müssen.

Die thermochemischen Verluste müssen sich zum Theile auf die Bildung des Zuckerantheiles, zum Theile auf den definitiven Abbau der N-haltigen Stoffe vertheilen. Mit Absicht habe ich jede weitere glatte Aufrechnung unterlassen, um nicht den Anschein zu erwecken, als wollten diese Zahlen mehr als ein annäherndes Bild sein, wie im Grossen und Ganzen die Consequenzen aus dieser Hypothese sich gestalten würden. Ohne ein theilweises Eingreifen des Sauerstoffes lässt sich aber der Abbau in N-freier und N-haltiger Gruppe nicht annehmen. Vielleicht muss eine C-haltige Gruppe ausgelöst werden, um eine glatte Endgleichung zu geben.

Die Zahlen, welche wir für eine maximale Glykogenbildung angegeben haben, können ein gewisses Interesse in Anspruch nehmen. Eine rein elementare Umlagerung würde in maximo auf 1 N 6 *g* Glykogen entsprechen,[2]) nach meinen Zahlen muss dieser Werth auf höchstens 4·4 *g* berechnet werden.[3])

26 Cal., aus Fleisch stammend, brauchen circa $^{26}/_{3}$ = 8·6 *g* O; demnach würde das calorische Aequivalent des O, wenn der Kohlehydrattheil verbrennt, 1 *g* O = 3·56 Cal. Für die übrigen Processe aber 26·0 — 18·6 = 7·4 Cal. = 8·6 — 5·2 = 3·4 *g* O; oder pro 1 *g* O = 2·17. Der calorische Werth des O ist also in den verschiedenen Perioden der Zersetzung schwankend, er kann höher sein als das Mittel (3·0 : 3·56), um + 18·6% und zu anderen Perioden kleiner (3·0 : 2·17) um 27·7%. Die Beobachtung kurzer Versuchszeiten könnte unter Umständen eine höchst problematische Wärmerechnung geben.

Für den respiratorischen Quotienten würde die Periode der Zuckerverbrennung 1·0 ergeben, für jenen Rest, der nach Abzug von Zucker, sowie Harn und Koth bleibt, 6·6 C und 2·9 H, würde sich ergeben:

---

[1]) Nach den Analysen von *Voit* und *Bischoff*, Stoffwechsel des Fleischfressers.

[2]) Zeitschr. f. Biol., Bd. XXIX, S. 496.

[3]) Wenn nur 18·6 Cal. ausgenützt werden, so sind bei Zucker circa $\frac{18·6}{3·56}$ = 5·2 *g* O nothwendig zur Verbrennung. (Zeitschr. f. Biol., Bd. XXI, S. 364.)

$$6{\cdot}6\,g\ \text{C} \times 2{\cdot}66 = 17{\cdot}5\,g\ \text{O}$$
$$2{\cdot}9\,g\ \text{H} \times 8{\cdot}00 = 25{\cdot}2\,g\ \text{O}$$
$$\text{circa} = 42{\cdot}7\,g\ \text{O}$$

und $6{\cdot}6\,g$ C geben $6{\cdot}6 \times 3{\cdot}7 = 24{\cdot}2\ CO_2$

$$42{\cdot}7\,g\ \text{O} = \frac{42{\cdot}7}{1{\cdot}4} = 30{\cdot}5\,l\ \text{O}$$

$$24{\cdot}2\,g\ CO_2 = 12{\cdot}1\,l\ CO_2;\ \frac{CO_2}{O} = \frac{12{\cdot}1}{30{\cdot}5} = \text{rund } 0{\cdot}4.$$

Die unvollkommene Spaltung müsste also den Quotienten herabdrücken, wie dies thatsächlich beim Diabetiker schon beobachtet worden, aber meist nur auf die Mehrverbrennung von Fett bezogen worden. Der respiratorische Quotient ist also nicht immer nur der Ausdruck für die Mischungen von Eiweiss, Fett oder Kohlehydratzersetzung, sondern es könnten vier Unbekannte in Frage kommen, wenn zeitlich die Verbrennung des Restes des Eiweisses nicht mit der Spaltung von Eiweiss zusammenfällt.

In diesem Rest, der nach Abspaltung des Zuckers blieb, wäre die Relation von N : C = 1 : 1·18, während nach der Analyse Harn und Koth zusammengenommen ein Verhältniss 1 : 0·84 bei Muskelfleisch geben. Auch danach muss ein Theil C durch Umsetzungen abgespalten werden und in der Respiration zur Ausscheidung kommen, wodurch der respiratorische Quotient erst auf jene Grösse gebracht wird, welche den reinen Fleischwerthen entspricht.

Wenn auf 1 g N im Fleisch (Brutto) . . 34·7 Cal.
und auf 1 g N berechnet als Zucker . . 18·6 „
treffen, so bleibt für das andere Pro-
duct der Spaltung pro 1 g N . . . = 16·1 Cal.

Solcher Körper kennen wir eine ganze Reihe, z. B.:

Glykocoll 1 N: . . . . . 16·7 Cal.
Asparagin . . . . . 16·6 „
Kreatin . . . . . 13·3 „

Daneben gibt es allerdings auch Spaltungsproducte von höherem Werthe, wie das

Leucin 1 N: . . . . . 61·1 Cal.

und wieder solche von geringerem Werthe, wie

Guanin 1 N: . . . . . 8·4 „
(Harn und Koth bei Fleischfütterung) . 8·42 „
Ammoniak . . . . . 6·47 „
Harnstoff . . . . . 5·43 „

Die Annahme der N-haltigen Spaltstücke findet in der Möglichkeit des Abbaues von Leucin, Glykocoll, Asparaginsäure zu Harnstoff Vorgänge, welche näher durch das Experiment dargelegt sind, aber andererseits Bedenken zum Theile durch die elementare Zusammensetzung, insoferne das Verhältniss von N : C ein zu bedeutendes in den Amidosäuren ist, als dass man ihnen eine allzu umfangreiche Betheiligung an der Spaltung zuschreiben könnte.[1])

[1]) *Bunge*, Lehrb. d. physiol. Chemie, Cap. 17, S. 295.

Man hat bei

Tyrosin	1 N : 9 C
Leucin	1 N : 6 C
Asparaginsäure	1 N : 4 C
Glykocoll	1 N : 2 C

während wir nach meiner Rechnung über 1 : 1·2 im Gesammtdurchschnitt nicht hinauskommen dürfen. Die Hauptmasse muss demnach ein sehr niedriges Verhältniss N : C aufweisen, wobei dann nebenbei grössere Stücke complicirterer Zusammensetzung abfallen könnten.

Gehen wir wieder zurück auf die weiteren Ergebnisse unserer Berechnung über die thermischen Umsetzungen des Muskels im Thierleib, so haben wir:

Für 1 *g* N trifft auf N-haltigen Rest . .	16·1 Cal.
Für 1 *g* N in Harn und Koth[1])	8·4 „
Für allmähliche Abspaltung pro 1 N	7·7 Cal.

Die N-haltigen Spaltstücke würden also noch rund die Hälfte ihrer Energie einbüssen können.

Aber sicherlich gehört ein Theil dieser Grösse auch zur Arbeit der Abspaltung des N-freien Restes. Dies gilt natürlich alles nur für den Fall, wenn man anerkennen will, dass

1. die wahren energetischen Leistungen des mit Eiweiss gefütterten Thieres keine wesentlich anderen sind, wie die hungernder Thiere, und
2. dass thatsächlich nur Zucker sich abspaltet.

Ich möchte aber den Wünschen, irgend welche andere Gleichungen anzunehmen, keinen Zwang anthun; denn es ist ja bis jetzt ein solcher Vorgang quantitativ nicht bewiesen. Wir wollen später näher darauf eingehen.

Es bliebe somit offen, ob nicht neben Zucker andere Stücke N-freier Natur anzunehmen sind, oder grössere N-haltige Stücke, mit energetischer Wirkung beim Abbau.

Nur eines glaube ich gezeigt zu haben, dass die Theorie der Zuckerbildung ein einfaches, in allen seinen Zügen nicht unwahrscheinliches Bild der Zerlegung liefert.

Von der Arbeit der einzelnen Organe beim Abbau der Stoffe wissen wir leider sehr wenig, speciell über die Quantität der Secretionen aus Drüsen ist wenig bekannt. Nur auf ein Organ könnte man die Aufmerksamkeit lenken, auf die Leber.

---

[1]) Auf 1 N im Harn 7·45 Cal.
1 N im Koth 70·3 „

$$16{\cdot}1 \times 7{\cdot}45 = 119{\cdot}9$$
$$0{\cdot}26 \times 70{\cdot}3 = 18{\cdot}2$$
$$16{\cdot}36\ \text{N} = 138{\cdot}1$$
$$1\ \text{N} = 8{\cdot}4$$

Man könnte versucht sein, bei diesen Spaltungsprocessen auch der Rolle, welche die Galle etwa spielen könnte, zu gedenken. Es ist freilich die Quelle, aus welcher die Gallbestandtheile fliessen, nicht mit völliger Sicherheit erkannt. Aus den Versuchen von *Bidder* und *Schmidt*,[1]) *Spiro*,[2]) *C. Voit*[3]) lässt sich unzweifelhaft eine Beziehung zur eiweisshaltigen Kost ersehen. Aber alle Beobachter haben zugeben müssen, dass eine absolute Proportionalität zwischen Fleischzufuhr oder Eiweisszufuhr und Gallenmenge (Trockensubstanz) nicht besteht, grössere Mengen Fleisch geben relativ weniger Galle. Dies ist ganz offenkundig, wenn man nur Nahrungszufuhr und Gallenbildung vergleicht, wird aber etwas weniger ungleich, wenn man nach *Voit* den Eiweissumsatz mit der Gallebildung vergleicht.

Fett- und Kohlehydratzufuhr ändern so gut wie nichts an den Gallemengen. Ueber die Function des Leimes sind die Meinungen getheilt. *Voit* möchte doch dem Fett eine gewisse Rolle bei der Gallebildung zuschreiben. Die Galle ist bei allen Variationen der Fütterung sehr gleichheitlich zusammengesetzt.

Was die Galle als Spaltungsproduct für die Lockerung des N-haltigen Theiles der Eiweissstoffe anlangt, hat sie offenbar keinen bedeutenden Einfluss, da man mit *Voit* annehmen darf, dass rund 1% des N-Umsatzes in dem N der Galle enthalten ist. Für den Leim würde man sogar völlig von diesem Spaltungsproducte absehen müssen. Ich kann aber nicht finden, dass die vorliegenden Experimente bezüglich des Leimes zu einem völlig negirenden Standpunkte drängen.

Im Interesse der vorliegenden Fragen habe ich das Material der Versuche über die Gallausscheidung von einem anderen Gesichtspunkte aus durchgerechnet, nämlich hinsichtlich jener Grösse des Spannkraftverlustes, der etwa auf die Gallebildung entfallen könnte. Berechnet man den Umsatz an Eiweiss oder Leim in Calorien (Brutto) und nimmt für die trockene Galle des Hundes rund 6·3 Cal., eine Zahl, welche von mir bei einem Hunde gefunden worden ist,[4]) so würde ich namentlich nach den Angaben *Voit*'s den Energieverlust des Fleisches durch die Gallebildung auf rund 6% schätzen, wenn man die Gesammtzahl der Ergebnisse veranschlagt, für Leim würden sich unter diesen Voraussetzungen Werthe ergeben, die nicht allzu sehr vom Eiweiss abweichen.

Jedenfalls ist, auf weiteres will ich keinen Werth legen, die Gallebildung in dem ganzen Processe der Eiweissspaltung nicht der wesentlichste, sondern ein quantitativ zurücktretender Vorgang. Da nach meinen Untersuchungen mit dem Koth nach Fleischfütterung überhaupt nur 3·1% der Gesammtenergie (Brutto) verloren geht, kann unmöglich die Galle völlig einer Ausscheidung mit dem Koth anheimfallen, son-

---

[1]) Verdauungssäfte und Stoffwechsel 1852.
[2]) Archiv f. Anatomie u. Physiologie 1880, Suppl. S. 50.
[3]) Zeitchr. f. Biol., Bd. XXX, S. 523.
[4]) Beim Rinde fand ich pro 1 *g* Galle 6·302 Cal.

dern muss noch anderweitige Spaltungen erleiden. Auf eine solche Spaltung ist übrigens schon früher von anderer Seite hingewiesen worden, während man jetzt ungefähr die Grösse dieses Vorganges sich vorstellen kann.

Wenn wir den Gesammtverlust des Muskelfleisches auf 25% annehmen, so stellt ja allerdings die Gallenstufe, in welcher 6% der Energie zur Ausscheidung kommen, zwar für die Umwandlung des N-haltigen Antheiles[1]) keinen Vorgang von grosser Bedeutung dar, sie ist aber doch ihres Kohlenstoffreichthums wegen für die Gleichung des Abbaues keineswegs ohne Bedeutung.

Wie viel von der Galle nach ihrer theilweisen Resorption vom Darm aus wieder abgebaut wird, ehe ihre Reste auch im Harn durch den Körper wandern, weiss man nicht genau.

Die vorliegenden Betrachtungen geben immerhin eine annähernde Vorstellung von der Bedeutung der Gallensecretion in der Statistik der energetischen Umwandlung der Nahrung überhaupt.

Man kann annehmen, dass das Eiweiss, bis es in den Blutstrom gelangt, schon eine gewisse Zerkleinerung erfahren haben dürfte, und dass es einen Theil von dem ursprünglichen Energievorrath eingebüsst und abgegeben hat.

Daraus würde sich für den N-Ansatz in den Geweben eine Art von Synthese ergeben, indem ein Energiezuwachs nothwendig würde, um Eiweiss mit den ursprünglichen Eigenschaften wieder aufzubauen. Wir möchten auf eine derartige Möglichkeit hingewiesen haben, wenn auch die nöthige Grundlage fehlt, über die Grösse und Ausdehnung eines solchen Vorganges weiteres anzugeben.

Nach den gegebenen Darlegungen würde die Theorie der Kohlehydratabspaltung der specifisch-dynamischen Wirkung des Eiweisses und der N-haltigen Nahrungsstoffe überhaupt zugrunde zu legen sein und aus chemischen wie auch aus biologischen Gründen Beachtung verdienen.

Die Kohlehydrathypothese ist aber ja nichts Neues; man hat sie bereits mehrfach ausgesprochen.

Am weitesten ist dabei *Seegen* gegangen, der die gesammte Ernährung des Körpers durch den Blutzucker, der sich sowohl aus Eiweissstoffen als auch Fetten bilde, bestreiten lässt.

An einer Stelle meint er, der Blutzucker ist das Baumaterial, welches dem Thierkörper für die Wärmebildung und die Arbeitsleistung dient, und dass in allem Nährmaterial, welches zur Bildung von Blutzucker dient, dem Körper die Spannkräfte zugeführt werden, welche ihn für seine Arbeitsleistungen befähigen.[2])

In dieser Allgemeinheit ausgesprochen war die Hypothese in keiner Weise zu belegen, noch könnte sie zur Erklärung der Stoffwechselvorgänge herangezogen werden.

---

[1]) Der N in der Galle macht 1% des ganzen N-Umsatzes nach Fleischzufuhr aus.

[2]) Zuckerbildung im Thierkörper, Berlin 1890.

Wenn ich daher auf der Suche nach jener Molekülgruppe, welche in dem Eiweiss das wirksame Princip für die energetischen Verhältnisse darstellt, auf die Zuckerbildung gestossen bin, so schränkt das die Rolle, welche der Zucker spielt, wesentlich auf bestimmte Nahrungsverhältnisse und Bedingungen ein.

Für die Zuckerbildung aus Fett haben wir zur Zeit gar keine Anhaltspunkte als den Umstand, dass Kohlehydrate in Fett übergehen, woraus man auf den Gedanken gekommen ist, auch der umgekehrte Process sei möglich; aber es ist durchaus unzutreffend, alle solche Processe ohneweiters als umkehrbar zu betrachten. Jedenfalls liegen bis jetzt keine Beweise für einen solchen Vorgang vor, seitdem man erfahren hat, dass die aus Eiweiss möglicherweise sich bildende Zuckermenge grösser sein muss, als man früher sie schätzte.

Ich habe aber die Frage dieser Kohlehydrathypothese nicht angeschnitten, um sie auf derselben Basis der Beweisführung zu lassen wie früher. Nicht das qualitative Moment der thatsächlichen Zuckerbildung aus Eiweiss ist der entscheidende Punkt. Sie kann nur durch quantitative Betrachtungen gelöst werden.

Meine Beobachtungen über die specifisch-dynamischen Wirkungen unterscheiden sich dadurch von dem bisherigen Material, dass eine neue specifische Eigenschaft der N-haltigen Stoffe nach Maass und Zahl bekannt geworden ist, neue Quantitätsverhältnisse, mit denen sich vielleicht unsere anderweitigen Erfahrungen besser decken, eine Eigenschaft, welche die Eiweisswirkung in anderem Lichte erscheinen lässt.

Es gibt in der That eine Reihe von Beobachtungen, welche sich mit der von mir durch Rechnung aus der specifisch-dynamischen Wirkung abgeleiteten Kohlehydratbildung aus Eiweiss in höchst auffälliger Weise decken und das Bindeglied für die Erkenntniss der eigenartigen Verhältnisse der Eiweisszersetzung abgeben können.

Zu diesen Beobachtungen rechne ich eine Reihe von Thatsachen über den künstlichen Diabetes, die unvollständige Zerlegung von Eiweiss im Körper und die Glykogenbildung.

Was die letztere anlangt, so hat *E. Voit* vor einer Reihe von Jahren Fütterungen[1]) mit *Witte*'s Pepton an Kaninchen ausgeführt, die so viel von ersterem bekamen, als zu ihrer Erhaltung nothwendig gewesen wäre. Es wurde die Glykogenmenge in der Zeit der maximalsten Ablagerung bestimmt und es trafen auf 1 Theil zersetzten N 1·3 Theile Glykogen. Da man auch bei Zuckerfütterung nur $^1/_4$ bis $^1/_5$ in abgelagertem Glykogen wiederfindet, glaubt *E. Voit* auch bei Pepton mindestens 5·2 ($4 \times 1{\cdot}3$) Glykogen als maximale Abspaltung annehmen zu können. Das Ergebniss ist nur eine Näherungszahl, würde aber von dem oben angenommenen Verhältniss 1 N : 4·4 Glykogen nicht sehr erheblich abweichen.

---

[1]) Berichte der Naturforscherversammlung zu München 1900.

Der Diabetes mellitus verläuft unter sehr verschiedenen Formen, theils nur mit fehlender Verarbeitung der eingeführten Kohlehydrate, theils unter Zuckerbildung bei Eiweisszufuhr oder selbst mit Zuckerbildung auch während des Hungerzustandes.[1])

Die Verhältnisse sind aber nicht so durchsichtig und der Analyse in dem Maasse zugänglich wie der künstliche Diabetes, besonders der durch Phlorizin erreichte.

Die Thatsache, dass bei Phlorizingaben mit der Zuckermehrung auch die Eiweisszersetzung steigt, ist von *Mering*, *Prausnitz*, *Cremer* und *Ritter* endgiltig festgestellt worden. Beim Pankreasdiabetes muss gleichfalls eine Zuckerbildung aus Eiweiss angenommen werden, wie aus den Angaben von *Minkowski* hervorgeht.

Freilich müssen dabei gewisse Cautelen des Versuches innegehalten werden.

Erst allmählich hat man sich beim Phlorizindiabetes zu der wichtigen Vorstellung durchgerungen, dass man zunächst den völligen Glykogenschwund abwarten muss, ehe ein Schluss auf den aus Eiweiss abgespaltenen Zucker gemacht werden darf.[2])

Man hat in eingehender Weise nachzuweisen versucht, in welchem Verhältnisse N und Zucker zu einander stehen, und man hat gemeint, insoweit eine Zuckerbildung aus Eiweiss erfolge, sei das äusserste Verhältniss 1 N : 2·81 Dextrose. Aber dass hier das Eiweiss eine Quelle des Zuckers abgeben kann, ist völlig unbestritten. Ebenso verhält sich der Leim.

Auch bei Diabetes mellitus hat man diese Beziehungen zwischen N und Zucker näher verfolgt und ist vielfach zu ähnlichen Zahlen gekommen.

Aber man fand doch auch Werthe, die weit höher sind, als dem oben genannten Verhältniss entspricht. Man hat dieselben als einen Beweis für eine Zuckerbildung aus Fett angesprochen.

Ich habe keinen Anlass, diese ganze einschlägige Literatur zu behandeln, nur der Umstand ist für uns von Interesse, dass die Verhältnisszahlen von 1 N : 3·75 Zucker keineswegs als solche angesehen werden können, welche die Quelle des Zuckers in den Fettumsatz zu verlegen zwängen. Sonach hat es den Anschein, dass selbst die früher für auffällig gehaltenen Zahlen von *Rumpf* 1 N : 3·99 Zucker noch als Zuckerbildung aus Eiweiss angesehen werden können.

Dabei mag bemerkt sein, dass bei dem Phlorizindiabetes, bei welchem *Lusk* am Hunde das Verhältniss 1 N : 3·75 Dextrose fand, wie *Lusk* meint, sogar angenommen werden dürfte, dass ein kleiner Theil Kohlehydrate noch der Zersetzung anheimgefallen sei. Die Dextrosemenge von 1 N : 4 Dextrose würde bei Fleischfütterung immerhin nicht als unwahrscheinlich gelten können. Für nicht sehr bedeu-

---

[1]) *Krehl*, Patholog. Physiologie 1898, S. 389.
[2]) Zeitschr. f. Biol. XXIX, S. 497.

tungsvoll halte ich den Umstand, ob man vielleicht bei der Berechnung der Relation etwa nicht vom ganzen N der Ausscheidung ausgehen soll, weil ja schliesslich ein Theil der Ausscheidung aus dem Körper ja nicht als völlig gespaltenes Eiweiss zu Verlust geht (Epithel, Mucin u. s. w.).

Bei meinem Hunde fand ich Werthe, die mit den von *Lusk* angegebenen durchwegs gut übereinstimmen; an zwei Tagen habe ich beobachtet, dass der Nachtharn etwas mehr an Zucker gab als der Tagesharn, nämlich bis zu einem Maximum von 1 N : 4·13 Dextrose.

Die Phlorizinwirkung ist vielleicht nicht immer eine so vollkommene, um mit quantitativer Genauigkeit das Maximum des Zuckers entleeren zu lassen. Jedenfalls haben die grösseren Werthe, wenn sie sich aus einer mehrtägigen Reihe ableiten, eine hohe Bedeutung für die vorliegende Frage.

Warum zeitweise weniger abgespalten wird, warum bei manchen Thieren, wie beim Kaninchen, so hohe Werthe überhaupt nicht erhalten werden, ist eine Sache, die weiter verfolgt werden muss.

Die Phlorizinzuckermenge deckt nicht ganz jene Zahl, welche wir aus theoretischen Erwägungen abgeleitet haben; aber es ist doch im höchsten Maasse auffallend, dass die specifisch-dynamische Wirkung, als Dextrose ausgedrückt, 4·95 *g* pro 1 N fordert und bei dem Phlorizindiabetes Zahlen erhalten werden, die dem Werthe 1 N : 4 Dextrose bereits nahekommen, das ist immerhin fast 80% der geforderten Menge.

Man könnte allenfalls auch erwägen, ob nicht die im Körper selbst erzeugten Kohlehydrate vielleicht ähnlich, wie sich diese in der specifisch-dynamischen Wirkung nach Fütterungen ausspricht, zum Theile in anderer energetisch nicht verwerthbarer Weise gespalten werden, dann[1]) würden rund 4·3 *g* entstanden sein können. Ich gebe aber anheim, ob man eine solche Annahme machen will.

Unzweifelhaft haben auch die Untersuchungen an dem Phlorizinhunde dargethan, dass das Eiweiss nur und ausschliesslich einen bestimmten Theil seines N-freien Restes als Zucker abgegeben hat, und dass damit sein energetischer Werth ausserordentlich abgesunken ist.

Es liegt aber gar kein Grund vor anzunehmen, dass beim Phlorizindiabetes die Kohlehydratgruppe völlig und quantitativ abgeschieden ist, oder dass es sich um eine einfache Dextrosespaltung handelt,[2]) da doch, wie bemerkt, meine Experimente gezeigt haben, dass noch ein verbrennlicher und energetisch verwerthbarer Rest hinterblieben ist.

---

[1]) 1 *g* Dextrose fest = 3·743 Cal., 1 *g* gelöst = 3·755, für 100 ausgeschiedene sind erzeugt worden 106·4, dann hätte man 3·755 × 106·4 = 3·995 Dextrose erzeugt = 3·743 ausgeschiedene.

[2]) Eine Bestätigung einer solchen Annahme scheint die während des Druckes erschienene Arbeit von *Otto Löwi* (Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmakol. XLVII, S. 56) zu bringen, welche gleichzeitig neben dem Auftreten von Dextrose beim Phlorizindiabetes durch Camphergaben ohne Minderung der Glykoseausscheidung Campho-

Im Zusammenhang mit der eben erläuterten Möglichkeit des Glukoserestes im Eiweiss und die thermochemischen Nebenprocesse bei der Zerlegung möchte ich noch aus meinen Experimenten am Hunde bei grossen Fleischmengen eine Beobachtung anführen, welche, wie mir scheint, eine Berechnung über die Grösse der auf Nebenprocesse fallenden Wärme ermöglicht. Bei diesem Experimente (s. Cap. 4) wurde bei 2000 *g* Fleisch als Zufuhr eine sehr erhebliche Kohlenstoffmenge im Körper aufgestapelt.

Nimmt man an, dass dies in der Form von Zucker (Glykogen) geschah, dann lässt sich aus dem Zuckeransatz auch berechnen, wie viel Stickstoffsubstanz hiefür nothwendig war.

Man kann bei dem N-Umsatz trennen: 1. in jenen Theil, welcher vollkommen verbrannt ist, 2. in jenen, welcher unvollkommen verbrannt ist (Zuckerablagerung). Sind meine theoretischen Voraussetzungen richtig, so muss die erzeugte Wärmemenge im Thierkörper um einen Antheil grösser sein, welcher jener Wärmemenge entspricht, die bei der Spaltung des Eiweissmoleküls in Harn, Koth und Zucker frei geworden ist.

Nach diesen Bemerkungen dürfte die folgende Rechnung verständlich sein:

Von 1352 Cal. Eiweissumsatz sind in einem Falle 305 Cal. zur Ablagerung gekommen = 22·5%, an einem späteren Tage bei derselben Fütterung bei 1380 Cal. zersetztem Material 274·6 = 19·1%.

Diese beiden Resultate geben zu folgender Ueberlegung Anlass.

Die 305 Cal. abgelagerten Materiales können nur den effectiven Nutzwerth einer gewissen Kohlehydratmenge darstellen, dann würde statt 305 Cal. (29·6 C-Ansatz × 9·5 Cal.) = 281·2 Cal. als wahrer Ansatz genommen werden müssen, was für die dortige Rechnung den Umsatz

---

glukuronsäure in beträchtlichen Mengen ausscheiden sah und die Meinung vertritt, dass im Eiweiss neben dem dextrosebildenden Rest ein anderer, welcher Glukuronsäure lieferte, enthalten sei. Für die vorliegenden Betrachtungen ändert sich dadurch nichts, da die Glukuronsäure dem Zucker thermochemisch sehr nahe steht. Dagegen mindert sich für die Kohlehydrattheorie das „Deficit", das wir oben anerkennen mussten, ganz erheblich.

Wie ich aus directer Mittheilung meines Freundes *H. Meyer*, in dessen Laboratorium die Versuche von *Löwi* ausgeführt sind, ersehe, kann man als die wahrscheinlichsten Werthe der Glukuronsäurebildung ($C_6 H_8 O_6$) das Verhältniss 1 N : 1 Glukuronsäure ansehen, so dass im Ganzen als Spaltproduct des Fleisches im Körper pro 1 N anzunehmen wäre: Für den Hund = 3·75 Zucker *(Lusk)* und 1·00 Glukuronsäure *(H. Meyer, Löwi)*.

Nach einer Untersuchung reiner Glukuronsäure ($C_6 H_8 O_6$), deren Material ich Professor *Thierfelder* verdanke, gibt 1 *g* dieser Substanz 3·232 Cal., so dass also die bis jetzt nachgewiesenen Spaltproducte, die gleichzeitig gefunden sind, an Calorien repräsentiren:

$$\begin{aligned} 3{\cdot}75 \times 3{\cdot}743 &= 13{\cdot}10 \\ \text{und } 1{\cdot}0 \times 3{\cdot}232 &= \underline{\ 3{\cdot}23} \\ &= 16{\cdot}33 \end{aligned}$$

Die Summen kamen der Grösse 18·6 also sehr nahe.

um 305 — 281 = + 24 Cal., die absoluten Tageswerthe = 1046 + 24 auf 1070 Cal. erhöhen würde. Diese 281 Cal. können nur aus mindestens $\frac{281}{18{\cdot}6} = 15{\cdot}1$ N-Umsatz entstanden sein.

51·6 N war der ganze Umsatz, also völlig verbrannt 51·6 — 15·1 = 36·5 N. Diese liefern im Ganzen 949 Cal. (36·5 × 26), entstanden sind 1070, also mehr als durch das völlig zersetzte Eiweiss entstanden ist = + 121 Cal. Diese können nur stammen aus der Wärme, die bei unvollkommener Spaltung des Eiweisses entsteht.

15·1 N hätten dann geliefert 121 Cal. oder pro 1 N = 8·0 Cal.

Für den zweiten Beobachtungstag:

26·6 C-Ansatz × 9·5 = 252 Cal. statt der berechneten 274 Cal., also der Umsatz + 22 Cal. höher; in absoluten Tageswerthen = 1106 + 22 = 1128 Cal. 252 Cal. Zuckeransatz entsprechen $\frac{252}{18{\cdot}6} = 13{\cdot}5$ N. Der N-Umsatz war 52·7, davon ab 13·5 = 39·2 N vollkommen zerlegt (39·2 × 26) = 1019 Cal. Diese decken nicht die thatsächliche Wärmebildung = 1128, daher (1128 — 1019) = + 109, welche bei den Spaltvorgängen mit 13·5 frei geworden sein können, oder pro 1 N $\frac{109}{13{\cdot}5} =$ 8·0 Cal.

Dies ist genau dieselbe Zahl wie im vorigen Versuch. Die Zahlen beweisen also, dass die erzeugte Wärme sich gar nicht aus dem Eiweissumsatz erklären lässt, welche einer vollen Zersetzung entspricht, sondern dass auch der andere N, welcher sein N-freies Spaltproduct im Körper zurückgelassen hat, noch Wärme zuschiessen musste, und zwar in beiden Fällen genau für 1 N 8·0 Cal.

Meine Berechnungen auf S. 387 dieses Capitels ergeben 7·7 Cal. pro 1 N als jene Wärme, welche für die allmähliche Abspaltung von Energie durch die chemische Umwandlung gefordert wird. Es ist dies doch eine auffallende Bestätigung der oben vorgetragenen Anschauungen.

Jede andere Zahl als Zuckeransatz am Körper würde zu anderen Werthen als 1 N : 8 Cal. führen müssen, indem diese Grösse mit steigenden Ansatzwerthen immer gleichfalls zunehmen müsste. Es ist immerhin wahrscheinlich, dass man unter anderen Umständen auch höhere Werthe, wenigstens mässiger Grösse wird finden können, falls die Verhältnisse des N-Ansatzes etwa nicht so einfach sein sollten, als man bis jetzt annimmt.

Addirt man zur Spaltungswärme	8·0
die Menge der Calorien pro 1 N im Harn und Koth .	8·4
so hat man	16·4

Es wären also nutzbar:

= 34·7
— 16·4

18·3 = Calorien = Zucker,

während früher 18·6 Cal. berechnet wurden.

Der Zucker würde also überall nur dort verwerthet werden können, wo im Leben die Kräfte nicht als Wärme geboten, sondern zu freier Verwendung zur Benützung stehen müssen. Wenn bei dem hungernden und nachher gefütterten Thier diese Lebenserhaltung durch Eiweiss eintritt, so kann man wohl annehmen, dass dabei ein erheblicher Antheil auch auf die Muskelernährung trifft. Es geht nicht an, für diese das besondere Vermögen eiweissartige Stoffe in anderer Richtung zu verwerthen, anzunehmen. Dann würde allerdings das Eiweiss ein sehr ungeeigneter Körper sein zur Befriedigung des Kraftbedarfes bei mechanischen Leistungen. Indes mag diese weitere Untersuchung anderen Arbeiten vorbehalten bleiben.

Nach dem Dargelegten würde die Hypothese, dass die Minderwerthigkeit des Eiweisses sich aus dem Verluste durch thermo-chemische Processe einerseits und dass die Werthigkeit andererseits mit der Abspaltung von im Wesentlichen (Glykogen oder) Dextrosemolekülen zusammenhängt, die Vorgänge in einheitlicher und wohl verständlicher Weise erklären. Jedenfalls entspricht sie dem heutigen Wissen am besten und die Folgerungen aus ihr unterstützen unser Urtheil nach den mannigfachsten Richtungen hin.

Wir haben durch die vorliegenden Betrachtungen eine, wie ich meine, genügende Grundlage geschaffen für Vorstellungen, die man sich über die Wirkung der Eiweissstoffe im Thierkörper machen kann.

Wenn man die specifische Wärmebildung bei Eiweiss als einen Ausdruck der thermochemischen Nebenprocesse ansehen will, so muss man natürlich auch für das übrige N-freie Material ähnliche Gesichtspunkte erwägen. Solche Vorgänge könnten bei den Kohlehydraten in der Spaltung der Stärke liegen und in kleinen Verlusten durch Gährungen im Koth. Der Verlust ist allerdings bei den Kohlehydraten überhaupt ein minimaler oder aber in theilweiser Umwandlung der Kohlehydrate vor ihrer Aufnahme oder im Körper in Producte, die etwa wie die Milchsäure minderwerthig sein mögen, zu vermuthen.

Nach Untersuchungen, welche man bei Fütterungen mit Zucker an Thieren ohne Pankreas ausgeführt hat, ergab sich, dass der Zucker fast quantitativ wieder in dem Harn erscheint; ich würde die Verluste im Durchschnitt nur auf 1·2% schätzen. Dies würde auch beweisen, dass die Veränderungen, welche mit der Resorption des Zuckers im Verdauungscanal vor sich gehen, also gährungsähnliche Umwandlungen höchst unbedeutend sind und nicht mehr als 1 bis 2% im Ganzen ausmachen dürften. Für die Veränderungen, welche als specifisch-dynamische Wirkungen anzusehen wären, würden diese Ergebnisse mit zur Beurtheilung herangezogen werden können, wenn man nicht annehmen will, dass im Thier ohne Pankreas doch noch Spuren der zuckerzersetzenden Fähigkeit erhalten geblieben sind.

Grösser als bei den Kohlehydraten ist die specifisch-dynamische Wirkung bei den Fetten. Die Eventualitäten, welche hier in Frage kommen könnten, sind mehrere.

Zunächst könnten vielleicht Spaltungen bei der Resorption Beachtung verdienen. Leider ist die Cardinalfrage, wie Fette resorbirt werden, immer noch controvers. Man hat mehrfach angenommen, dass die Neutralfette verseift und nachträglich wieder aufgebaut würden. Auch auf diesem Wege können erhebliche Energieverluste nicht eintreten.

Die Spaltung von Neutralfett in Fettsäure und Glycerin muss unter Wärmeaufnahme erfolgen, da die Bildung von Neutralfett aus Fettsäuren und Glycerin Wärme frei macht.

Sollten sich auch Antheile des Glycerins in anderer Art als mit energetischem Nutzen spalten, was sehr unwahrscheinlich, so würden auch dabei gleichfalls nennenswerthe Kraftverluste nicht zu gewärtigen sein. Nimmt man in runder Zahl an, dass 9·8 Glycerin aus 100 Theilen Fett entstehen, so würden von 9480 Cal. $9{\cdot}8 \times 4312$[1]) 422 „ abzuziehen sein

= 9058 Cal.

dieser Werth zu dem ersteren wie 100 : 105 sich verhalten.

Wenn nur Antheile des Glycerins in Betracht kämen, würde die Differenz noch geringfügiger.

Eine Reihe von Autoren sind der Anschauung, dass aus Fetten Zucker gebildet werden, *Seegen* will sogar die ganze Wirkung des Fettes nur darin sehen, dass aus ihm „Blutzucker" erzeugt wird.

Bouchard glaubt nachweisen zu können, dass manchmal eine Gewichtszunahme beim Menschen erfolgt, trotzdem er, wenigstens in kürzeren Perioden, keine Nahrung zu sich nimmt, und zwar durch Fixation von O und Umwandlung von Fett in Glykogen.[2]) Der Gewichtszuwachs bei Männern betrug 10 bis 40 *g* pro Stunde. Dabei wird zugrunde gelegt die Annahme *Chauveau*'s, dass 860 Theile Fett + 960 Theile O, 216 Theile Wasser, 308 Theile CO_2 und 1296 Theile Glykogen bilden sollen. 1 *g* oxydirtes Fett gebe daher 0·76 *g* Gewichtszuwachs.

Die Angaben von *Bouchard* finden in meinen Untersuchungen keine Stütze, insoferne sie einen Abbau des Fettes in Zucker nach den Annahmen von *Chauveau* in keiner Weise zugrunde legen lassen. Den Energieverlust nach *Chauveau* würde ich zu rund ein Drittel des ganzen Energiegehaltes des Fettmoleküls rechnen.

Alle Untersuchungen haben weder für die Glykogenbildung, noch bei Fütterung von Fett bei Diabetes einen zureichenden Anhalt für die Zuckerbildung aus Fett ergeben.

Welche Vorgänge bei Fett also der thermodynamischen Wirkung zugrunde liegen, wissen wir nicht, wie ja überhaupt gerade für das Fett der Modus der Zerlegung überhaupt noch am wenigsten geklärt erscheint.

---

[1]) *Stohmann*, Journ. f. prakt. Chemie, Bd. XLII, S. 377.

[2]) Compt. rend. CXXVII, S. 464. 8152 Cal. aus Fett würden dann geben 5365 Cal. Glykogen, also Energieverlust = 34·2%. (65·8% Glykogenausbeute.)

Nach den meinen Berechnungen zugrunde gelegten Zahlen haben wir angenommen, dass alle über das Bedürfniss des hungernden Thieres hinaus entwickelte Wärme auf solchen thermochemischen Nebenwirkungen beruhen.

Dabei wurde angenommen, dass in den Drüsen zur Zeit der Verdauung kein Mehrverbrauch an Energie eintrete. Diese Annahme entspricht nicht ganz den Vorstellungen, die man sich von der „Drüsenarbeit" macht. Wir müssen aber nochmals daran erinnern, dass für die Kohlehydrate bewiesen ist, dass wirklich die Aufnahme ohne ein wesentliches Mehr im Gesammtenergieverbrauch sich vollzieht. Es ist kaum anzunehmen, dass für die übrigen Nahrungsstoffe die Verhältnisse ganz anders gelagert sein sollten.

Natürlich würde die Annahme einer Steigung des Energieverbrauches in den Drüsen nach der Richtung fallen, dass die thermochemischen Nebenprocesse etwas kleiner genommen werden müssen als geschehen ist, dass also die Energieausbeute für Lebenszwecke etwas grösser ist. Aber auch wenn man die ganze Grösse des Wärmezuwachses nach Kohlehydratzufuhr als einen solchen Ausdruck für die Mehrung des Energieumsatzes in den Drüsen anrechnen, beziehungsweise in Abzug bringen wollte, ändern sich die Zahlen doch nur wenig für das Eiweiss und wir müssen bei diesem immer noch den erheblichsten Antheil für thermochemische Nebenprocesse in Anspruch nehmen. Allein es kann auch vielleicht eine wirkliche Steigerung des Energieumsatzes in den Drüsen möglicherweise im Gesammtkraftwechsel dadurch eliminirt werden, dass der ganze Apparat regulatorisch in sich zusammenhängt, etwa in der Weise, dass während der Magenverdauung die übrigen Drüsen sehr in ihrem Blutreichthum eingeschränkt werden und dann erst allmählich mit sinkender Magenthätigkeit mehr an Blutzufuhr erhalten. Die nachgewiesene Mehrerzeugung von Wärme während der Thätigkeit kann zum Theile auch auf einfache Spaltungsvorgänge der Nahrungsstoffe bezogen werden.

Man kann es durchaus kaum mehr für unwahrscheinlich ansehen, dass die ganze Wirkung der Nahrungsstoffe als eine Erscheinung aufzufassen ist, welche einen Ausdruck der Abspaltung intermediärer Producte mit Wärmeverlust, der für die Lebenszwecke selbst werthlos, nur zur Zeit der Wirksamkeit der chemischen Regulation nutzbar ist, anzusehen sei. Neben diesen Vorgängen würde die Mehrung der Zersetzung in den Drüsen im energetischen Sinne ganz zurücktreten oder vielleicht zum Theile durch die Art der Blutvertheilung compensatorisch das nöthige Material geliefert und eine Wärmemehrung so weit abgeglichen, dass der Effect für den Gesammtstoffwechsel auf eine verschwindende Grösse herabsinkt.

Auf welche Organe sich die Spaltungen und Umsetzungen vertheilen mögen, kann man weder genau angeben, noch ist hier der Platz, weiter auf dieselben einzugehen. Nur das wird aus dem Gesagten hervorgehen, dass Processe der Spaltung in den N-haltigen und N-freien

Rest nicht im engen Rahmen der Verdauungsdrüsen vor sich gehen können.

Man muss aber beachten, dass die einzelnen Organe doch sicher ihren eigenartigen N-Stoffwechsel aufweisen, wie die specifischen Extractivstoffe darthun; weshalb es nicht angängig sein dürfte, nur einem Organe allein die Leistungen für den ganzen Körper zuzuweisen.

Sonach ist es für das Eiweiss unbedingt anzunehmen, dass seine Spaltung und sein Abbau überhaupt nicht allein den Drüsen zuzuweisen ist, sondern sich auf umfangreiche Zellgebiete vertheilt.

Man kann noch erwähnen, dass der Phlorizindiabetes auch bei entleberten Thieren beobachtet worden ist *(v. Mering)*. Auch dieser Umstand weist darauf hin, dass die Spaltungsvorgänge nicht in ein einzelnes Organ verlegt werden, speciell der Leber zugewiesen werden dürften.

Die Annahme von *Schöndorff*[1]) u. A., dass der Harnstoff aus dem bei der Zersetzung des Eiweisses in den Organen enthaltenen Zersetzungsproducten, wahrscheinlich NH_3-Salzen gebildet werde, wird von Anderen bestritten.[2])

Die näheren Vorgänge der Spaltung des Eiweisses aufzudecken, wird Aufgabe der physiologischen Chemie und des Thierexperimentes sein; wir können ja leider im Gesammtstoffwechsel im Allgemeinen nur die Summen aller Erscheinungen studiren.

VI.

Ob man die Erklärung, dass in den Eiweissstoffen ein Zuckeratomcomplex ihre specifisch-dynamische Wirkung erklärt, annehmen will oder nicht, hat für die Bedeutung der letzteren als Grundlage für die Umsetzungen im thierischen Organismus keine weitere Bedeutung.

Die Erkenntniss der specifisch-dynamischen Wirkung bedeutet jedenfalls für die Erklärung der Stoffwechselvorgänge und der energetischen Verhältnisse, welch beide sich ja nicht mehr trennen lassen, ein neue Basis.

Die Gesetze des Energie- und des Nahrungsverbrauches haben aber streng zu scheiden zwischen dem Ablaufe der Processe im Zustande der chemischen Wärmeregulation und den Processen bei der physikalischen Regulation.

Der erste Fall, wohl bei den meisten Thieren, bei mittlerer Temperatur die Regel, zeigt, was den Energieverbrauch im Gleichgewichtszustande anlangt, die Gesetze der isodynamen Vertretung.

Nur für gewisse Fälle der überschüssigen Nahrungszufuhr speciell bei ausschliesslicher Eiweisskost, kommen die nicht mehr compensirten

---

[1]) *Pflüger*'s Arch. LIV, S. 420.

[2]) *Müntz*, Arch. f. exp. Path. u. Pharm. XXXIII, S. 164.

Antheile des Wärmeüberschusses nach Maassgabe der specifisch-dynamischen Wirkung zum Ausdrucke, also Mischzustände, in denen geringe Abweichungen von isodynamen Werthen eintreten.

Für die Fälle der hohen Luftwärme und abundanter Kost, bei Eiweissmast, auch bei Fett- und Kohlehydratmast haben wir mit dem Auftreten der physikalischen Regulation die specifisch-dynamischen Wirkungen rein vor aus.

In den meisten Fällen mit gemischter Kost werden die Abweichungen von den theoretischen isodynamen Werthen sich in so geringen Differenzen bewegen, dass man diese Abweichungen als praktisch nebensächlich meist ganz würde übersehen haben, wenn nicht die besondere Methodik ihre Existenz verrathen hätte.

Es wird jetzt für uns leicht sein, den Energieumsatz unter den verschiedensten Verhältnissen zu verstehen, in seinen Gründen zu erklären.

Von anderweitigen, schon früher festgestellten Thatsachen, welche unumgänglich nothwendig zum Verständnisse der Ernährung sind, ist vor allem die von *Frerichs*, *Bidder* und *Schmidt* gemachte, dann aber durch die Versuche von *C. v. Voit* fest begründete Entdeckung bedeutungsvoll, dass jede Fütterung mit grösserer Menge von Eiweiss die N-Ausscheidung mehrt. Man hat gesagt, dass das Eiweiss der leichteste verbrennliche Stoff im Körper sei. Damit ist man über das Ziel etwas hinausgegangen. Wir müssen aber sagen, dass die Abspaltung der N-haltigen Gruppe des Eiweisses ein ungemein schnell verlaufender Process ist. Der hinterbleibende Rest N-freier Natur verhält sich sich seinem ganzen Umfange oder doch dem wesentlichen Theile nach wie die Kohlehydrate.

Die einfache Spaltung der Eiweissstoffe macht es begreiflich, wie die N-Ausscheidung nach Nahrungszufuhr gewissermaassen ihre eigenen Wege geht, schnell verläuft und innerhalb von Grössen, welche mit den eigentlich energetischen Processen des Umsatzes anscheinend wenig zu thun haben.

Ich kann aber nur nochmals wiederholen, die Bedeutung des Eiweisses nicht zu unterschätzen. Es ist und bleibt der einzige Körper, der in seiner Totalität zum Ansatz gelangen und belebt werden kann, der die Grundlage für einen bestimmten stofflichen Ersatz einzig und allein liefern kann, in seiner glykogenen Function, der Art der Ablagerung dieser Producte vielleicht doch noch nicht genügend aufgeklärte Vortheile vor den Kohlehydraten haben kann.

Die thermochemischen Nebenwirkungen des Eiweisses erklären ferner, dass in kürzeren Zeiträumen gemessen, die Wärmeerzeugung sich mit den Stoffwechselvorgängen unter Umständen nicht zu decken braucht, sie erklärt weiter, dass auch die calorimetrische Messung der Wärmeabgabe allein nicht immer ein Ausdruck des Wechsels der Lebensenergie zu sein braucht.

Denn eine Mehrung der Wärmeerzeugung aus thermo-chemischen Processen, die sich in nichts von der Wärmemehrung aus bio-

logischen Processen im engeren Sinne unterscheidet, kann durch die Feststellung der calorimetrisch abgespaltenen Wärme nicht erkannt werden. In diesen Fällen wird die combinirte calorimetrische und die stoffliche Untersuchung in Zukunft wichtige Aufschlüsse geben können.

Dies ist natürlich für das Studium pathologischer Zustände wohl zu beachten, zumal man gerade für solche Zwecke mit Vorliebe sich kurz dauernder Methoden bediente. Wir sehen aber auch, wie wir bei Tagesversuchen zwischen den wahren energetischen Processen und anderen thermischen Umsetzungen zu scheiden haben, und welche Bedeutung in dieser Hinsicht gerade das Studium der Eiweisszersetzung haben kann und dauernd behalten muss. Auch bezüglich des Studiums der respiratorischen Vorgänge gelten natürlich gleichfalls diese eben geschilderten Bedenken. Die Auswahl der einzuschlagenden Methodik für das Studium der Ernährungsprocesse wird von Fall zu Fall entschieden werden müssen.

In allererster Linie aber gibt es keine experimentelle Arbeit, wenn man nicht über den Regulationszustand der Thiere sicher unterrichtet ist, damit man zwischen den rein energetischen Processen und den Fällen der glatten isodynamen Vertretung unterscheiden könne.

Wenn man annimmt, dass ein Theil der specifisch-dynamischen Wirkung auf die unvollkommene Verwerthung des Eiweissmoleküls zurückzuführen ist, dann würde dieser Fall offenbar überall eintreten müssen, wo mehr Eiweiss als vorher zerfällt.

Dann wäre es also gar nicht auszuschliessen, dass auch ein Theil der bei Hunger auftretenden Wärme aus einem wenn auch kleinen „Ueberschuss" an Wärme besteht; von dem im Hunger zerfallenden Eiweiss kann man 60 bis 70% bei Zuckerfütterung ausschalten und nur der Rest 30 bis 40% wären Eiweiss, das nur stofflich vertreten werden kann.

Dies würde auch zu der Consequenz führen, dass die Wirkung der Kohlehydrate wegen ihrer besseren Verwerthung an sich und wegen der niedrigen Eiweisszersetzung bei der Berechnung der specifisch-dynamischen Wirkung günstig wegkommen. Und die Eiweisswirkung müsste auf Hungerversuche bezogen werden, bei denen ein Theil des Hunger-N in der Vergleichsperiode in seiner Wirkung eliminirt wäre, also der Hungertag würde einen etwas kleineren Wärmewerth zeigen müssen, wenn wir ihn richtig in Correctur nehmen könnten; die Eiweisswirkung wäre also noch grösser, als wir angenommen haben, und ausserdem käme noch in Betracht, dass man vom gefütterten Eiweiss einen gewissen Abzug machen müsste, weil ein Theil desselben stofflich in Betracht kommt und nur zu Verlust gehendes Eiweiss wieder aufgebaut hat. (Epidermis, Epithel, Schleim u. s. w.)

Das Hungerminimum verdankt seinen relativ niedrigen Consum dem Umstande, dass in der Regel wenig Eiweiss und viel Fett zerstört wird. Es ist so gut wie festgestellt, dass sich Hungerminimum bei reiner

Eiweisszersetzung und Eiweisszufuhr in der Nahrung, also das Fütterungsminimum mit Eiweiss nahezu decken werden.

Wenn Eiweiss, welches bereits dem ersten spaltenden Eingriffe (Hydratation) unterworfen war, sich aus den eigenen Spannkräften weiter aufbaut und zum Ansatze gelangt, so kann es die vom Körper zu Verlust gehende Eiweissmenge, so weit diese stofflich gedeckt werden muss, nicht voll ersetzen, sondern es muss etwas mehr verbraucht werden. Vielleicht hängt damit der Umstand zusammen, dass die Zufuhr immer mehr Eiweiss enthalten muss, als sonst im Hunger oder bei Zufuhr N-freier Stoffe zerlegt wird.

Wenn man den im Hungerstoffwechsel verbrauchten N (Harn + Koth) durch die Nahrungszufuhr ausgleichen will, so muss man mehr an Eiweiss zuführen, als diesem N-Werthe entspricht, die genauesten Versuche hierüber haben *Erwin Voit* und *Korkunoff* ausgeführt, wobei sie fanden: [1])

Zufuhr	Physiol. N-Minimum für 100 Hunger-N
Eiweiss	368
„ + Fett	157—193
„ + Kohlehydrat	108—134

Innerhalb des Gebietes der chemischen Regulation erspart das zugeführte Eiweiss die isodyname Menge Fett, wenn die Temperatur eine mässige ist, und die Nahrungsmenge den Bedarf nicht überschreitet, sowie die anderweitigen Bedingungen, mässiger Fettreichthum, mässig dichtes Fell, gegeben sind.

Im Gebiete der physikalischen Regulation ist die Wirkung des Nahrungseiweisses eine andere, es spart weniger Fett, insoweit der specifische Verlust an dynamischer Wirkung es zulässt. Die Fettzersetzung wird bei gleichen Nahrungsmengen wie bei chemischer Regulation nur wenig berabgedrückt. Die Zerlegungswärme verlässt als ungenützter Ballast den Körper. Erst wenn wir den Hungerbedarf — eines Thieres bei normalem Fettgehalte — um 40% überschritten haben, tritt Gleichgewicht ein.

Diese Werthe gelten nur für den Fall, dass gut genährte Thiere mit wohl entwickeltem Fettpolster, bei welchen sich die Eiweisszersetzung im Hunger so niedrig hält, dass nur 15 bis 16% aller Calorien aus Eiweiss entnommen werden, in Frage kommen. Handelt es sich um sehr magere Thiere mit größerem Eiweissverbrauche, wie bei Experimenten von *J. Munk*, so können andere Ergebnisse gewonnen werden.

Fehlt der Schutz des Fettes und der Kohlehydrate, so wird von dem Eiweiss viel an Stelle von Körperfett verbrannt, wie nach anderweitigen Versuchen leicht einzusehen ist.

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. XXXII, S. 118.

Im Uebrigen spielt bei diesen Fragen des Wiederersatzes, wie erwähnt, der Circulationsprocess des Nahrungsstromes eine bedeutende Rolle. Nahrungseiweiss wird nicht immer ganz ungefährdet an die Stelle gelangen, an welcher es Ersatz bieten soll.

Mit überschüssiger Eiweisskost kommt der Organismus bei theilweise compensirter specifisch-dynamischer Wirkung in ein rationelleres Gleichgewicht, als bei hoher Temperatur mit ausgeschalteter Wärmeregulation.

Unter Anwendung der Kenntnisse über die absoluten Zahlen für die specifische Wärmebildung des Eiweisses und der N-freien Stoffe lassen sich die im Capitel XVII über die Beziehung des N-Ansatzes zum Energieverbrauche in einfacher Weise erklären.

Wir haben früher zur Erklärung der Nahrungswirkung die Annahme gemacht, die erste mächtige Steigung der Wärmebildung am ersten Fütterungstage — primäre Wirkung — sei die Wirkung der Verdauungsarbeit, der dann mit dem Ausgleiche der Zersetzung die secundäre Nahrungswirkung folge.

Diese Theilung brauchen wir nach meiner neuen Theorie nicht festzuhalten. Wir haben am ersten Tage der Fütterung die Wirkung der Spaltwärme im weitesten Sinne, dazu ein Mehr, welches durch den Ansatz von N am Körper bedingt ist. An den nächsten Tagen dann acutes Steigen des Eiweissconsums unter geringer Zunahme des N-Bestandes den — Ausgleich. Die Wärmebildung geht, wie schon an anderer Stelle gesagt worden ist, rascher in die Höhe als der N-Ansatz.

Die secundäre Wirkung ist also nur die allmähliche Einstellung des ganzen Körpers unter Zunahme seines Organbestandes auf das Stoffwechselminimum für Eiweiss, welches allerdings das entsprechende übliche Hungerminimum um 40% des Energieumsatzes überschreitet.

Mit den verschiedenen Eiweissgleichgewichtszuständen (im energetischen Sinne) sind also verschiedene Zustände des Körperbestandes verbunden.

Die Grenzen für solche Verschiebungen aber müssen offenbar beschränkt sein.

Es wird für jedes Thier eine gewisse oberste Grenze der Ertragbarbeit der Eiweisszufuhr geben, für welche die Resorptionsverhältnisse, vor allem aber auch die Verhältnisse der Entwärmung maassgebend sein dürften, also ein individueller Factor, der zugleich von den äusseren Lebensbedingungen mit abhängt.

Wie hoch sich die maximalste Körpermast mit Eiweiss erheben kann, lässt sich ohne directe Versuche nicht sicher sagen, aber eine einfache Rechnung kann zeigen, wie durch die specifisch-dynamische Wirkung ohne wesentliche Gewichtsvariationen hohe Zersetzungswerthe für Eiweiss erreicht werden.

Bei einem Thiere von 24 bis 26 *kg* kann man bei 20° als Hungerzersetzung $24 \times 37{\cdot}3 = 895$ Cal. annehmen. Der N-Bestand des ganzen Körpers sei $(24 \times 30) = 720$, der N-Umsatz wäre bei Gleichgewicht

$\frac{895}{26} = 34{\cdot}4$ N (ohne specifisch-dynamische Wirkung). Diese N-Menge wäre $= 4{\cdot}76$ des Bestandes. Die maximalste Fleischmenge, welche der Hund bewältigen kann, bewegt sich bei Ausgewachsenen in Grössen, die 100% Ueberschuss etwas überschreiten $= 2 \times 4{\cdot}76 = 9{\cdot}52\%$ der N-Menge am Körper täglich ausmachen.

Daraus könnte man folgende Werthe ableiten:

Kilogramm	Menge im Körper[1])	Werth der Hunger-zersetzung in N	Werth für das Gleichgewicht[1])
24	720	34·4	48·2
26	780	37·1	51·9
28	840	39·9	55·9

Die Geschwindigkeit des Ansatzes ist dabei unbekannt, aber ersichtlich wie rasch die Wärmebildung ansteigt, bis sie offenbar selbst zum Hindernisse weitergehender Nahrungszufuhr wird.

Im Gegensatze zu dieser rasch zunehmenden Wärmebildung stellen sich die Verhältnisse beim wachsenden Thiere ganz unabhängig von dem grösseren Ansatze wesentlich grösser.

Wenn der Hund von 3 *kg* = 270 Cal. Tagesumsatz (= 11 N) pro 90 N im Körper 11 N rund $= 12{\cdot}2\%$ des Bestandes umsetzt, so wären im Gleichgewichte $(11 \times 1{\cdot}4)$ 15·4 N nothwendig.

Bei Verdoppelung des Gewichtes berechnen sich . . . . . 30·8 N
während nur gebraucht werden . . . . . 24·8 „
$(17{\cdot}6 \times 1{\cdot}4)$.

Die Hemmung des überschüssigen Verbrauches macht also fast 20% aus.

Die beiden Beispiele zeigen den Vortheil der wachsenden Thiere, weshalb in der That ungemein große Ueberschüsse von Eiweissnahrung beim wachsenden Thiere ertragen werden.

Einige Beispiele hiefür liessen sich aus Angaben von *Rost* nach Fütterungsversuchen an jungen Hunden ableiten, von letzteren wurden sehr grosse Fleischmengen, die zeitweise einen Ueberschuss von über 100% bedeuteten, verwerthet.[2])

Die Consequenzen aus der specifisch-dynamischen Wirkung lassen auch verstehen, warum und wie ein Thier mit verschiedenen Eiweissmengen in das sogenannte N-Gleichgewicht geräth. Man nimmt gewöhnlich an, dass diese Möglichkeiten ausserordentlich verschiedene seien. In der Literatur wird meist erwähnt, dass ein grosser Hund zwischen 500 bis 2500 *g* Fleisch im N-Gleichgewichte bekommen könne. Bei solchen Behauptungen werden zwei ganz heterogene Dinge zusammengeworfen. Das einemal kann ein wirkliches energetisches Gleich-

---

[1]) Der N-Bestand ist gestiegen um + 16·6, der Umsatz von 34·4 : 55·9 = + 65·4% pro 1% Anwuchs + 3·9% Wärmezuwachs.

[2]) Arbeiten aus dem kaiserlichen Gesundheitsamte XVIII, S. 206.

gewicht vorhanden sein, bei den kleinen Zahlen besteht es aber nicht, und ist kein dauerndes Gleichgewicht, sondern nur ein scheinbares.

Die möglichen energetischen Gleichgewichte mit Fleisch liegen überhaupt nicht weit auseinander und scheiden sich allemal durch den Umstand, dass sie verschiedenen Ernährungszuständen, d. h. verschiedenen Protoplasmamengen entsprechen. Die rechnerische Grundlage gibt das oben gewählte Beispiel.

Die ganze Lehre, betreffend den Eiweissumsatz bei Thieren, welche bis jetzt immer etwas ausserhalb der sonstigen Ernährungsgesetze stand, und deren Grundlage mehr praktische Erfahrungsthatsachen als innerlich zusammenhängende Prozesse eines einheitlichen Gesetzes schienen, werden unter Zugrundelegung der neuen experimentellen Ergebnisse wohl verständlich und einheitlich erklärbar.

Die Ergebnisse meiner Untersuchungen stehen auch sehr gut im Zusammenhange mit weiteren Anschauungen über den Ansatz von Nahrungsstoffen, Verhältnisse, über welche man sich bisher vom energetischen Standpunkte aus nicht mit Bestimmtheit äussern konnte.

Wird neben Eiweiss Fett oder Kohlehydrat in überschüssiger Menge gegeben, die N-freien Stoffe so reichlich, dass ein Ueberschuss vorhanden ist, so wird ein lange dauernder Ansatz erfolgen können, unter allen Umständen aber mehr abgelagert werden, weil ja selbst, wenn die Eiweissmasse zunimmt, die Steigerung des Energieverbrauches durch ein Mehr von Fett oder Kohlehydraten, also mit geringen Energieverlusten oder selbst ohne solche gedeckt werden kann.

Man wird an dieser Stelle die principielle Frage nicht übergehen können, ob es zweckmässig ist, den Ansatz sich im Gebiete der chemischen oder der physikalischen Regulation erfolgen zu lassen.

Was den Eiweissansatz anlangt, so werden in der Wirkung keine Aenderungen eintreten, wenn man die umgebende Wärme auch so weit sinken lässt, dass die überschüssige Wärmeproduction ganz von der chemischen Wärmeregulation als Compensation in Anspruch genommen wird.

Weiter zu gehen, wäre nicht rationell; dagegen ist eine niedrigere Temperatur jedenfalls, was die Ertragbarkeit anlangt, der Ausschaltung der Regulation vorzuziehen.

Ganz analog verhält es sich mit dem Fettansatze, auch dabei hat es kein Bedenken, sondern nur Vortheile, die Temperatur so weit zu erniedrigen, dass die überschüssige Wärme ganz oder grösstentheils in das Compensationsgebiet der chemischen Regulation fällt.

Die bedeutenden Wirkungen der überschüssigen Kost sind nach diesen theoretischen Voraussetzungen voll verständlich.

Wir haben noch kurz auf die Berechnungsweise der Eiweisswirkung in meinen Versuchen einzugehen.

Ich habe die Wirkungen des Eiweisses berechnet nach Maassgabe der Nahrungsaufnahme, nicht aber nach der Zersetzung. Diese letztere hat aber keineswegs in allen Fällen der Aufnahme ent-

sprochen, sondern mehrfach war ein N-Ansatz, also ein unzersetzter Ueberschuss vorhanden.

Die Berechnung geschah, um zunächst von jeder theoretischen Voraussetzung unabhängig zu sein.

In absoluten Zahlen sind die Calorien:

Zwei Drittel des Bedarfes an Eiweiss am			
1.	2.	3.	4.
	Tage		
351·4	324·9	325·0	307·3
272·4	260·3		

und 100% des Bedarfes

331·3	328·3	321·7	
313·2	302·4		

Von einer nach dem ersten Tage eintretenden Wärmesteigerung ist also nichts zu sehen. Da sogar geringe N-Ansätze stattgefunden haben, so ändert die Einführung des Körpergewichtes oder besser die Berechnung auf den N-Bestand am Körper nichts an dem Ergebnisse, dass eben eine weitere Steigerung der Zersetzung fehlt.

Die Erklärung der Verhältnisse liegt einmal darin, dass mit der Nahrungszufuhr für die ganze Masse des Gefütterten erst eine gewisse Umwandlung des Nährmateriales sofort einzetzt, unabhängig von der Spaltung. Ausserdem wird in der That schon am ersten Tage der Fütterung der ganz überwiegende Theil der Nahrung in die Zersetzung hineingerissen, so dass die Mehrung zum dritten und vierten Tage der gleichen Fütterung nur ein Mehr von 0·6 *g* N ausmacht, dessen Zersetzung im Verhältnisse zu den anderen Processen gering ist, und endlich haben wir wahrscheinlich anzunehmen, dass mit dem Ansatze von echter Organsubstanz selbst eine Mehrung von Wärmeverlust zusammenhängen dürfte, ein Factor der in demselben Maasse kleiner wird, als die Zersetzung steigt.

Für diese Versuche kommen also nur jene Experimente in Betracht, bei welchen ein N-Gleichgewicht nicht hergestellt, sondern bei hoher Temperatur nur eine zur Erhaltung des Körpers ungenügende Eiweissmenge gereicht wurde. Die Grösse des Umsatzes ist dabei, wenn man sie mit der Nahrungsmenge, die bei mittlerer Temperatur nothwendig ist, vergleicht, natürlich klein. Aber man muss diese Nachtheile eben gegenüber den sonstigen Vorzügen der Methode mit in den Kauf nehmen.

Die Möglichkeit, dass auch die N-freien Stoffe einen Theil ihrer Wirkung durch allmähliche Zersetzung einbüssen, wollen wir nur andeuten.

Wie man zu einer Aufstellung des Nahrungsbedürfnisses nunmehr gelangen kann, und wie man namentlich die Fälle von Ueberernährung zu beurtheilen hat, ergibt sich aus meinen Arbeiten von selbst. Für

die Fälle, in denen für gewöhnliche Mitteltemperatur die Bemessung des Nahrungsbedarfes nothwendig ist, wird der Berechnung der Oberfläche, Berücksichtigung des Ernährungszustandes, des Grades der compensatorischen Ersparung durch die chemische Wärmeregulation und den Zahlen über die specifisch-dynamische Wirkung alles zu entnehmen sein, was nöthig ist. Für die meisten Fälle ergeben die isodynamen Werthe ohneweiters die Möglichkeit, den Nahrungsbedarf zu bemessen, wenn die specifisch-dynamische Wirkung kleiner oder gleich gross ist, wie die Grösse der unter den gegebenen Bedingungen nach einsparbaren Wärme. Bei den hohen Temperaturen mit Ausschaltung der Wärmeregulation treten die specifisch-dynamischen Werthe für sich in Geltung.

Auch der Eiweissbedarf eines Thieres ist heutzutage und auf Grund der Untersuchungen, welche sich auf energetische Betrachtungen stützen, anzugeben und zu berechnen. Ich habe zuerst nachgewiesen, dass der Antheil, welchen das Eiweiss im Hungerzustande zur Verbrennung beiträgt, von dem Fettbestande am Körper abhängig ist.

Die Beziehungen zwischen Fettmenge am Körper und Eiweisszersetzung im Hunger sind von *E. Voit* einer sorgfältigen Untersuchung unterzogen worden.[1])

Fettreichthum am Körper und die Höhe der Eiweisszersetzung stehen in bestimmter Abhängigkeit.

Die Grösse des Ersatzes durch die Nahrungszufuhr lässt sich nach weiteren Erfahrungen über den Ersatz von Körpereiweiss durch Nahrungseiweiss genügend genau beurtheilen.

Im Allgemeinen hat man es bei der Ernährung mit Thieren mittleren Fettgehaltes zu thun, bei welchen die Calorienmenge aus Eiweiss im Hungerzustande 16% der Gesammtwärme nicht überschreitet. Man wird daher immer noch mit Rücksicht hierauf annehmen dürfen, dass der Hungerzustand das Minimum des Kraftwechsels geben wird und dass also die früheren Begriffe — Hungerminimum und Fettminimum — praktisch zulässig sind.

Nur für Fälle extremer Fettarmuth, da möchte ich bemerken, könnte vielleicht eine „Anomalie" sich einstellen. Wenn man sich nahezu den ganzen Bedarf eines hungernden Thieres durch das Einschmelzen von Organeiweiss gedeckt denkt, so würde die Consequenz meiner Theorie erfordern, dass unter gewissen Bedingungen, d. h. bei reichlicher Fettzufuhr, noch eher bei Kohlehydratzufuhr, wenn es gelingt, durch letztere einen Theil des Eiweisses vor Verbrennung zu bewahren, dieses Fütterungsminimum möglicherweise unter das abnormale Hungerminimum sinken kann.

Im Allgemeinen ist bis jetzt bereits meine Methodik der energetischen Betrachtung zur Berechnung des Kraftwechsels, so weit sie nach den früheren Untersuchungen auf die Gleichgewichtszustände anwendbar

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. XLI, S. 502 und 550.

war, in grösserem Umfange benützt worden. Ich hoffe daher, dass die allgemeine Basis, welche die Theorie mit den neueren Untersuchungen gewonnen hat, dem Studium weiterhin sich noch förderlicher erweisen möge. Die energetische Betrachtung löst auch die rein stofflichen Fragen, so weit es die allgemeinen Umsetzungen der organischen Nahrungsstoffe im Körper betrifft. Es gibt aber natürlich viele weitere Probleme über die Werthigkeit der einzelnen Eiweissstoffe, den Aufbau (Ansatz), die Stelle gewisser besonderer Elemente des Aufbaues (Eisen, Kalk u. s. w.), die immer ein getrenntes Studium erfordern werden.

Pflüger definirt als Nahrungsbedürfniss des Hundes die kleinste Menge Fleisch, welche den Hund im Stickstoff- und Körpergleichgewicht hält. Eine solche Definition erweist sich nach meinen Untersuchungen als Unmöglichkeit. Das Eiweiss als Maass des Bedarfes zu nehmen, ist gerade derjenige Weg, welcher als der unzweckmässigste von allen erwiesen ist. Man kann die Nahrungsbedürfnisse nicht allgemein, sondern immer nur für ein bestimmtes Nahrungsgemisch feststellen, und nur für eine bestimmte Temperatur, für bestimmte thermische Verhältnisse und individuelle Zustände. Die bisherigen Versuche auf diesem Gebiete der Bemessung des Energieverbrauches beweisen nur, wie wenig Vielen die Bedingungen bekannt sind, die für solche Berechnungen als Voraussetzungen dienen müssen.

Wenn man mit Eiweiss den Nahrungsbedarf bestimmt, so kann man bei 0 bis 5° auf eine völlig richtige Zahl des Kraftwechsels kommen, bei 30 bis 33° aber auf einen Ueberschuss von 40%. Ja bei langhaarigen Thieren wird man schon bei etwas niedrigerer Temperatur die gleichen Ueberschüsse finden.

XX. Capitel.

Nahrungsgemische und Betrachtungen über gemischte Kost und Nahrungsmittel.

In vorstehendem Capitel haben wir die Gründe näher ausgeführt, welche zu einer Mehrung des Energieumsatzes führen.

Die Ernährung im täglichen Leben führt uns zu neuen Aufgaben, denn sie erfolgt bei keinem Thiere und bei keinem Menschen ausschliesslich mit einem organischen Nahrungsstoffe allein. Auch wenn ein einzelnes Nahrungsmittel wie Fleisch für sich allein genossen wird, treffen wir vereint auf die Wirkungen mehrerer Nahrungsstoffe. Knüpft sich für die theoretischen Betrachtungen das Interesse an die reinen Nahrungsstoffe, so bilden die Gemische den Angelpunkt der praktischen Ernährung.

Im Grunde genommen wissen wir zur Zeit noch nicht einmal durch Experimente, ob reines Eiweiss und Salze für sich dauernd alle Functionen erfüllen können. Unsere diesbezüglichen Lehren gründen sich mehr oder minder auf Schlüsse. Bei dem Menschen erscheint es sehr zweifelhaft, ob er jemals in die Lage kommen könnte, ausschliesslich dem Eiweiss seinen Bedarf zu entnehmen.

Wie die Erfahrung lehrt, bewegt sich die Betheiligung der einzelnen Nahrungsstoffe an der Kost innerhalb enger Grenzen, von denen die für die N-freien Stoffe in gegenseitiger Vertretung die labilsten sind, während das Eiweiss als Energiespender, wo immer man beobachten mag, in engen Grenzen schwankt, falls die freie Wahl der Nahrung nicht gehindert oder des Experimentes wegen in besondere Bahnen geleitet wird.

Die ersten Berechnungen, die ich über die Nahrungscomposition ausgeführt habe, hatten das aus Tabelle 131 ersichtliche Ergebniss.[1])

Für Thiere, die frei in der Wahl ihres Futters sind, würde man gewiss auch specifische Verhältnisse finden, die eben in der Art des Futters begründet sind, auf welches die Natur den Einzelnen hinweist. Für die Pflanzenfresser offenbar ähnliche Verhältnisse wie bei dem

---

[1]) Zeitschr. f. Biol., Bd. XXI, S. 408.

Tabelle 131.

Von 100 Cal. treffen auf:

Charakteristisch	Eiweiss	Fett	Kohlehydrat
Säuglingsalter	18·7	52·9	28·4
Kindesalter	16·6	31·7	51·6
Erwachsene	16·7	16·3	66·9
Greisenalter	17·4	21·8	60·7

Menschen. Und bei dem Fleischfresser, der durch den Raub mit Nahrung sich versieht, wiegt das Eiweiss im Durchschnitt nicht so vor, dass es die Hauptmasse der Energie bilden dürfte, denn diese Thiere nehmen ja nicht reines Fleisch auf, sondern verzehren ihre Opfer mehr oder minder völlig, also mit dem reichlich abgelagerten Fett, wodurch die Wirkungen des Eiweisses mehr oder minder zurücktreten müssen.

Die geringe Eiweissmenge in der menschlichen Kost ist etwas Charakteristisches für dieselbe. Die Grösse der nothwendigen Eiweisszufuhr ist zum Theile wenigstens von der Art der nebenbei verabreichten Nahrungsstoffe abhängig; durch die Untersuchungen von *Pettenkofer* und *Voit* wurde zuerst auf den Umstand, dass die Kohlehydrate mehr Eiweiss zu sparen vermögen, hingewiesen. Lässt man aus der menschlichen Kost die Kohlehydrate ganz wegfallen, wie dies bei dem Diabetiker durch dessen Erkrankung der Zellen spontan geschieht, so steigt die Eiweisszersetzung an, wie *Lusk*[1]) gezeigt hat.

Werden Kohlehydrate und Fett in der Kost ausgetauscht, so zeigt sich dabei, wie *Kayser*[2]) und namentlich *Tallquist*[3]) dargethan hat, eine Zunahme des N-Verbrauches bei einer überwiegend Fett enthaltenden Kost. Doch überschätzt man vielfach die Tragweite eines in den normalen Grenzen sich bewegenden Ersatzes von Kohlehydraten durch Fett und umgekehrt. Die Verschiebungen im N-Bestande des Körpers sind keine sehr erheblichen, dagegen liess sich bei einer Relationsverschiebung zwischen Fetten und Kohlehydraten, welche innerhalb der üblichen Breite blieb, der N-Bestand mit etwa 14·5 *g* N, bei überwiegend Fett mit 16·1 N bestreiten. Der Bedarf war also im letzten Falle um 1·6 *g* N und um 10 *g* Eiweiss grösser, d. h. rund um 11%. Wir werden im Nachfolgenden dieser Wirkung uns erinnern müssen, allerdings nur in dem Sinne, um die übertriebenen Vorstellungen hinsichtlich der praktischen Bedeutung der Relationsänderungen bei Ersatz von Fett durch Kohlehydrat und umgekehrt auf das richtige Maass zurückzuführen.

---

[1]) Zeitschr. f. Biol., Bd. XXVII, S. 459.

[2]) *v. Noordens*, Beiträge zur Lehre vom Stoffwechsel, Heft 2, S. 1.

[3]) Archiv f. Hyg., Bd. XLI, S. 177.

Viel bedeutungsvoller als dieser Einfluss ist die Relation zwischen N-haltigen Stoffen und N-freien überhaupt, für welche meine oben angeführten Zusammenstellungen die nöthige Zahlengrundlage geben, also die geringen Eiweissmengen neben ganz überwiegenden Antheilen von N-freien Stoffen.

Ich habe gerade auf dieses Verhältniss schon vor langer Zeit betreffs der Säuglingsernährung aufmerksam gemacht, so weit darüber auf Grund meiner früher veröffentlichten Versuche ein Urtheil zu gewinnen war. Diese Seite der Frage ist aber so bedeutungsvoll, dass wir der Composition der Kost im Allgemeinen werden nachgehen müssen. Nach meinen Darlegungen über die specifisch-dynamische Wirkung der Kost bedarf die quantitative Seite der Frage eingehender Besprechung.

Wenn ich in dem Folgenden mich auf die Stoffzersetzung und den Kraftwechsel des Menschen beziehe, so wird man dies vielleicht in dem Sinne als unmotivirt betrachten, als ich für den Menschen selbst die specifische Nahrungswirkung nicht weiter bewiesen habe.

Es mögen daher nach bisher nicht veröffentlichten Versuchen die zweitägigen Mittel für einen Mann von etwas über 60 *kg* angeführt sein:

Hungerzustand . . .	2042	Cal.	pro	24	Stunden
Zucker ausschliesslich	2087	„	„	24	„
Fleisch „	2566	„	„	24	„

Die Kost überschritt rund den Bedarf um ein Fünftel, der Gegensatz zwischen Eiweiss und Kohlehydrat ist also ganz frappant wie beim Fleischfresser.[1])

Wie verhalten sich aber Stoffmischungen? Kommen in den Stoffmischungen Eiweiss-Fett, Eiweiss-Kohlehydrat, Eiweiss-Fett-Kohlehydrat, die Componenten in einer der Rechnung zugänglichen Weise zur Geltung?

Um diese Frage zur Lösung zu bringen, habe ich neben den Experimenten mit einfachen Stoffen auch solche mit Nahrungsgemischen angestellt; dieselben umfassen natürlich nur die wesentlichsten solcher Typen der Kost.

Ueber die zahlenmässigen Ergebnisse habe ich schon in Cap. XVII, S. 325, berichtet; es sind theils Eiweissfettgemische, theils solche Gemenge, welche der mittleren Kost des Menschen nachgebildet worden sind, einer Untersuchung unterworfen worden.

Fleisch, Fett.

Das weiteste Nahrungsstoffverhältniss bot eine Versuchsreihe mit 8·9% Fleischcalorien, 91·1% Fett.

Mit dieser kleinen Fleischmenge konnte sich das Thier nicht auf dem Bestande halten, sondern musste noch Eiweiss vom Körper zu-

[1]) Die Versuche werden weiter geführt; ich werde an anderer Stelle darüber berichten.

schiessen. Es wäre also ziemlich heruntergekommen, ehe es ins Gleichgewicht gerathen wäre.

Immerhin lässt sich sehen, inwieweit die Rechnung mit dem wirklich beobachteten Resultate stimmt. Die Zufuhr betrug 103·9% des Hungerbedarfes, der Wärmezuwachs 13·4%, demnach für 100% des Hungerbedarfes der Ueberschuss + 12·9%.

Durch Rechnung kann man finden als Wärmemehrung:

(Fleisch) 8·9 × 0·309 = + 2·75
(Fett) 91·1 × 0·127 = + 11·6

Summe . . 14·3, gefunden 12·9.

Fleisch-Fett 17·7% Eiweiss, 82·3% Fett. Ueberschuss der Kost über den Hungerbedarf (52·5 : 59·7) = 113·1. Zuwachs an Wärme = 21·1%. Für 100% Zufuhr des Hungerbedarfes berechnet sich der Wärmeüberschuss zu 18·7%.

(Fleisch) 17·7 × 0·309 = 5·46
(Fett) 82·3 × 0·127 = 10·45

Summe . . 15·91, berechnet statt 18·7.

Das Thier war zwar nicht ins Gleichgewicht gerathen, aber offenbar nur wenig mehr davon entfernt. Die Differenzen zwischen Rechnung und Ergebniss sind, wie im vorigen Versuche, gering; und es ist wohl möglich, dass zufällige Schwankungen der Wärmebildung mit in die Ergebnisse hereinspielen.

Mischungen von Eiweiss und Fett sind beim Menschen selten und kommen nur bei besonderen diätetischen Aufgaben zur Beobachtung.

Eine weit grössere Bedeutung haben die Kohlehydratmischungen als die typische „Menschenkost". Die experimentelle Prüfung dieser Verhältnisse gestaltet sich besonders schwierig, weil die absoluten Zahlen sehr klein werden, was den Vergleich zwischen Theorie und Beobachtung natürlich erschwert.

Fleisch, Fett, Zucker.

Die Zufuhr betrug in Calorien 117·2 *g* des Hungerbedarfes.

Die Kost bestand aus 14·2% Eiweisscalorien, 16·1% Fettcalorien, 69·7% Zuckercalorien.

Die Wärmebildung war um 9·02% gestiegen. Demnach für 100% Hungerbedarf = + 7·69.

Die Rechnung gibt:

Fleisch 14·2 × 0·309 = 4·38
Fett 16·1 × 0·127 = 2·07
Zucker 69·7 × 0·058 = 4·04

Summe . . 10·49 berechnet, statt 7·69 gefunden.

Die directe Beobachtung bleibt also hier etwas hinter der Rechnung zurück, man darf aber viel Gewicht auf die kleinen Unterschiede nicht legen.

Mit dieser Kost war es leicht, das Thier ins Stickstoffgleichgewicht zu bringen; in den späteren Tagen wurde sogar etwas N im Körper zurückgehalten. Man sieht hier wieder den allbekannten günstigen Einfluss leicht löslicher Kohlehydrate auf die Eiweisssparung.

Fleisch, Fett, Stärke.

Die Nahrung betrug 95·8 des Bedarfes und enthielt 16·5% Cal. in Eiweiss, 17·1% in Fett, 66% in Stärke, was der mittleren Kost des Menschen entspricht. Der Wärmezuwachs war 6·0% = 6·3 für 100% Zufuhr. Die Rechnung ergibt aber einen grösseren Werth:

Fleisch	16·5 × 0·309	=	5·09
Fett	17·1 × 0·127	=	2·27
Stärke	65·6 × 0·058	=	3·81
	Summe . .		11·17, gefunden 6·3%.

Da mir dieses Ergebniss etwas zweifelhaft schien, habe ich später noch eine besondere Reihe zur Ergänzung ausgeführt. Leider war der Hund (Fl.) an einer intercurrenten Erkrankung eingegangen, weshalb ein anderes Thier (M.) gewählt wurde.

Nachdem der rund 6·7 *kg* schwere Hund sechs Tage gehungert hatte, dann drei Tage Leim erhalten hatte, wobei er allmählich auf das genannte Gewicht abgesunken war, erhielt er eine Kost bestehend aus:

16·9% Eiweiss, 20·4% Fett, 62·7% Stärke.

Die nicht verdaute Stärke ist dabei in Abzug gebracht.

Tabelle 132.

Tag	Kost	N im Ganzen	C				Ab Eiweiss-C	Ab Stärke C	Calorien			
			in der Resp.	im Harn	im Koth	Summe			Eiweiss	Fett	Stärke	Summe
6.	0	3·62	34·71	2·57	0·5	37·78	25·94	0	90·5	319·0	0	409·5
7.	gemischt	3·65	38·31	2·17	2·1	42·58	30·64	10·6	94·9	130·0	199·6	424·9
8.	„	3·27	39·10	1·89	2·1	43·09	32·40	12·4	85·0	152·5	199·6	437·1
9.	„	2·47	38·04	1·37	2·1	41·51	33·41	13·4	64·2	164·8	199·6	428·6
10.	0	1·86	35·29	1·31	0·5	37·10	31·00	0	46·5	381·0	0	(427·8)
11.	0	1·96	33·27	1·31	0·5	35·08	28·65	0	49·0	352·0	0	401·0

Die vorstehende Tabelle gibt die einzelnen Abgaben. Der Harn wurde während der gemischten Kost auch direct auf den C-Gehalt untersucht, ohne dass wir in der Lage gewesen wären, eine vermehrte C-Ausscheidung aufzufinden, wie sie *Tangl* für kohlehydrathaltige

Kost angibt.[1]) Der C-Gehalt des Kothes ist nicht etwa auf die nicht resorbirte Stärke zu beziehen, welch letztere besonders in Rechnung gestellt wurde.

Die Wasserdampfausscheidung war:

6. Tag	306 *g* pro 24 Stunden.		
7. „	331 „	}	338
8. „	345 „		
9. „	339 „		
10. „	315 „		
11. „	284 „		

Am zehnten Tage war der Hund gegen Schluss des Versuches etwas unruhig. Nimmt man das Mittel, so hat man

Gemischte Kost	338	Wasser
Hunger	295	„
	= + 43 *g*	Wasser

Er hat also mehr Wasser verdampft, ein Zeichen seiner vermehrten Wärmeproduction.

Thatsächlich hat der Energieumsatz auch zugenommen.

$$405 : 430{\cdot}2\ ^{2}) = + 6{\cdot}2\%$$

während gefordert werden müsste:

16·9 × 0·309 Eiweiss . . .	= +	5·22%
20·4 × 0·127 Fett	= +	2·58%
62·7 × 0·058 Kohlehydrat .	+	3·64%
	= +	11·44%

Statt 405 Cal. als Bedarf waren nur 319 Cal. in der Zufuhr gereicht worden = 78·7% für 100 *g* Zufuhr des Hungerbedarfes hätten demnach kommen sollen 7·9% Wärmezuwachs.

Es ist also auch hier wieder ein gewisses Mehr an Wärme nach der Theorie zu erwarten gewesen.

Sonach ergibt sich im Mittel:

	Berechnet	Gefunden
Fleisch und Fett	14·3%	12·9%
„ „ „	15·9%	18·7%
Mittel . .	15·1%	15·8%

und für die Versuche Fleisch, Fett, Stärke und Zucker (gemischte Kost):

Gemischt (Stärke	11·4%	7·9%)
„ Rohrzucker . . .	10·5%	7·7%
	10·9%	7·8%

---

[1]) Der Quotient war $\frac{C}{N} = 0{\cdot}64$; ich habe aber, wie immer bei so kleinen Abweichungen, die Mittelzahl 0·61 gleichmässig benützt.

[2]) Gemischte Kost + 43 *g* Wasser × 0·6 Cal. = 25·8 Cal. Verdampfungswärme Mehr an Wärme 430 — 405 = 25 Cal., somit hat die Wasserverdunstung die gesammte Wärmemehrung gedeckt.

Bei aus allen Nahrungsstoffen gemischter Kost gibt also die theoretische Ableitung einen Werth, der thatsächlich etwas höher ist, als die directe Beobachtung ihn finden lässt. Die beiden mehrtägigen Reihen haben ein ganz übereinstimmendes Resultat ergeben, so dass ich meinen möchte, es handle sich trotz der geringen Unterschiede von 3·1% der Tageswärme um ein ausserhalb der Zufälligkeiten liegendes Ergebniss. Der nächstliegende Schluss ist demnach der, dass man eine geringere Werthigkeit der Stoffe oder nur des Eiweisses anzunehmen hätte, wenn sehr wenig von diesem in der Kost enthalten ist. Dafür spricht auch der eine Fleisch-Fett-Versuch. Würde ein Theil des Eiweisses für energetische Zwecke nicht seinem physiologischen Werthe entsprechend verwerthet, dann dürfte die specifische Wärmebildung nicht ihrer ganzen Grösse nach in Rechnung gestellt werden.

Derartige Verhältnisse könnten wohl angenommen werden. Wenn man jenen Theil des Eiweisses im Hungerzustande, der nur wieder durch die Zufuhr von Eiweiss gedeckt werden kann, sich in der energetischen Verwerthung anders verhielte als jenes Eiweiss, welches durch circulirenden Zucker, also in üblicher Weise vertretbar ist, dann würde in der Berechnung eine diesem Eiweissantheile entsprechende Grösse ganz oder theilweise bei der Berechnung ausscheiden. Dieser Werth wäre ganz belanglos, wenn es sich um grosse Umsätze handelt, aber beachtenswerth für die kleinen Differenzen der specifischen Wärmewirkung gemischter Kost. Mit einer solchen Erklärung scheinen alle gewonnenen Zahlen wohl vereinbar.

Die Eiweissmenge, welche bei meinem Hunde auch durch die grössten Zuckergaben nicht mehr einsparbar ist, machte nämlich rund 6 bis 7% der Energie aus, welche im Hungerzustande nothwendig sind (für 33°). In der That würden unter dieser Voraussetzung die geringen beobachteten Differenzen zwischen Rechnung und Beobachtung fast völlig schwinden. Es ist wohl möglich, dass dieser nicht ersparbare Antheil überall in gleicher Weise in die Erscheinung tritt, d. h. in Abhängigkeit von dem Gesammtkraftwechsel.[1])

Ich verkenne nicht die Möglichkeiten einer anderen Erklärung; denn es wäre ja auch denkbar, dass Gemische eben specifisch reagiren oder dass eine Substanz gewissermaassen der anderen die Arbeit abnimmt. Aber diese letztere Annahme widerspricht eben der sonst gefundenen Proportionalität der Wirkung von grossen und kleinen Mengen von Zufuhr, sie widerspricht auch den gleichen specifischen Wirkungen bei leicht und schwer löslichen Nahrungsstoffen, so dass vorläufig die erste ausgesprochene Erklärung mir die richtigere zu sein scheint.

---

[1]) Will man diese Schätzung nicht vornehmen, so bleibt nur übrig, nach dem empirisch gefundenen Verhältnisse (10·9 : 7·8) die berechneten Werthe zu reduciren; für die nachfolgenden Betrachtungen ist auch eine solche Correctur nicht wesentlich.

Mit Rücksicht auf die Bedeutung von Fetten und Kohlehydraten in der Kost können wir nochmals auf die directen Ergebnisse der Untersuchung zurückgreifen.

Die beiden Fälle, in denen einmal Fleisch und Fett, im anderen aber Fleisch, Fett, Kohlehydrate gegeben wurden, verdienen noch eine kurze Gegenüberstellung.

Fleisch-Fett	Wärmezuwachs	Fleisch, Fett, Kohlehydrat (Mittel)	Wärmezuwachs
17·7% Eiweiss 82·3% Fett	+ 18·7	15·7 Eiweiss 16·6 Fett 67·7 Kohlehydrat	+ 7·8

Die rite gemischte Kost zeigt also sich einer ausschliesslichen Eiweissfettdiät wesentlich überlegen. Die Fleischfettdiät ist nicht allein deshalb die weniger rationelle, weil sie etwas mehr Eiweiss fordert, um ein N-Gleichgewicht herzustellen, sondern wesentlich deshalb, weil sie eine Vereinigung der beiden für die specifische Wärmewirkung bedeutungsvollsten Stoffe herbeiführt.

Bei Eiweiss- und Fettzufuhr kommt also erst ein Nahrungsgleichgewicht zu Stande, wenn der Hungerbedarf um 22·7% überschritten ist, während die gemischte Kost den gleichen Effect schon bei einem Mehr von 8·4% über den Hungerbedarf erzielen kann, also viel vortheilhafter zusammengesetzt ist.

Die Composition der Kost erscheint als eine nicht nur für die Stoffzufuhr, sondern auch für die Energiezufuhr wichtige Erscheinung.

Die chemische Zusammensetzung der Kost zeigt sich also für die energetischen Verhältnisse von grösster Wichtigkeit und die Extreme Eiweiss-Fett, Eiweiss-Kohlehydrat geben zu gewissen Abweichungen in der Wärmeproduction Veranlassung. Indes wird nöthig sein, neben den Extremen auch die praktisch vorkommenden Aenderungen in den Nahrungsstoffrelationen noch etwas zu verfolgen. Ich glaube aber, es wird hiefür die rechnerische Behandlung genügen können.

Die Betheiligung der einzelnen Nahrungsstoffe an der Wärmebildung ist in der menschlichen Kost, wie ich zuerst gezeigt habe, innerhalb mässiger Grenzen schwankend.

Bei wenig Arbeitsleistung und bei den gut situirten Classen finden sich von 100 Cal.:

	19·2 Cal. in Eiweiss,	29·8 in Fett,	51·0 in Kohlehydrat
beim Arbeiter			
	16·7 „ „ „	16·3 „ „	66·9 „ „
in extremen Fällen			
	8·3 „ „ „	38·7 „ „	52·8 „ „

Diese Kostsorten würden an Wärmezuwachs gegenüber den Hungernden ergeben müssen:

I	19·2	× 0·309	=	5·93
	29·8	× 0·127	=	3·77
	51·0	× 0·058	=	2·96
				+ 12·66%
II	16·7	× 0·309	=	5·15
	16·3	× 0·127	=	2·06
	66·9	× 0·058	=	3·88
				+ 11·09%
III	8·3	× 0·309	=	2·56
	38·7	× 0·127	=	4·91
	52·8	× 0·058	=	3·06
				+ 10·53%

Die verschiedenen üblichen Kostformen würden demnach nur sehr wenig voneinander in der Wärmesteigerung verschieden sein.

Die Gleichgewichtszustände würden erreicht bei

I	mit	+ 14·4%
II	„	+ 12·4%
III	„	+ 11·1%

Bei gemischter Kost liegen demnach das Fütterungsminimum um 11·1 bis 14·4% über dem Hungerminimum (als Tagesmittel).

Nimmt man, wie ich für gemischte Kost zeigen konnte, für die Eiweisszersetzung einen Abzug von rund 7%, welcher bei der specifischen Wärmewirkung ausser Anschlag bleibt, so werden die Zahlen

I	10·49
II	9·0
III	8·4

und das Fütterungsminimum würde bei 11·2 Cal.
11·0 „
10·9 „ Zuwachs liegen.

Das Mehr an Wärmebildung würde gegenüber dem Hunger rund 9 bis 12% für die Erhaltungsdiät betragen.

Für 15·7% Eiweiss
16·6% Fett
67·7% Kohlehydrate

hatte sich aus meinen Versuchen direct 8·4% ableiten lassen; was sehr nahe an die obigen Rechnungen herangeht.

Dies dürfte mit den praktischen Erfahrungen sich ziemlich gut beim Menschen decken, so weit man nach dem bisher vorliegenden Material, das allerdings, was volle Tagesbeobachtungen anlangt, ziemlich spärlich erscheint, schliessen kann.

Setzt man bei solcher Kost die Wärmebildung = 100, so würde der Hungerverbrauch bei normalem Fettbestand = 92·2 sein.

Wir werden im Durchschnitte, und nach den vollen Tageswerthen beurtheilt, den Energieverbrauch des Menschen bei mittlerer Kost um 7 bis 8% höher als den Hungerverbrauch veranschlagen.

Im Uebrigen aber, das lehren diese Versuche, kann man für die Berechnung der Kost je nach ihrer schwankenden Beschaffenheit, ohne jeweilig wegen der specifisch-dynamischen Wirkung eine besondere Rechnung anstellen zu müssen, sich einfach der isodynamen Werthe bedienen, wie sie sonst auch angewandt worden sind. Denn die äussersten Differenzen, wie sie praktisch bei Nahrungssätzen mit grösstem und geringstem Eiweissgehalt zu finden sind, betragen nur (109 : 112) 2·7% des ganzen Tagesbedarfes.

Für den einfachen Ersatz von Fetten durch Kohlehydrate und umgekehrt, kommen Differenzen messbarer Grösse überhaupt kaum in Betracht.

Es kann hier bemerkt werden, dass hinsichtlich der Wärmeproduction irgend eine nähere Beziehung zum Eiweissumsatze nicht bestehen kann, wie *K. Eckholm* eine solche angibt.[1])

Trotz einer erheblichen N-Zunahme in der Ausscheidung, würde zwischen der N-ärmsten Kost und einer solchen mit regulärem N-Gehalte ein Unterschied in dem Gesammtenergieumsatze meines Erachtens nicht bestehen können.

Wenn einem Hungerminimum von 2400 Cal.

	bei 19·2% Eiweiss	bei 8·3% Eiweiss
ein Umsatz von	2652 Cal.	2601 entspricht (Rechnung),
so wären in Eiweiss . .	509 „	216,
was einer N-Menge von .	18·0	8·2 gleichkommt.

Demnach würde eine Mehrung an N um rund 9·8 *g* pro Tag nur einer Differenz von 51 Cal. entsprechen = 1 N etwa 5 Cal. Also diese quantitativen Beziehungen zwischen N-Gehalt der Kost und specifische Wärmewirkung, wie *Eckholm* annimmt, bestehen nicht.

Für die mittleren Ernährungsverhältnisse der Menschen ändert sich bei unseren Betrachtungen so gut wie nichts gegenüber den früher von mir vertretenen Anschauungen.

Nur in dem Vergleiche des Hungerverbrauches mit dem wirklichen Kraftverbrauche bei Nahrung treten die Unterschiede der neugewonnenen Thatsachen deutlich entgegen. Diese Beziehungen sind uns aber für die Menschen nur annähernd bekannt und spielen für die Kostenbemessung nicht das ausschlaggebende Interesse.

Wie die Gesammtnahrung hinsichtlich ihres Gehaltes an Eiweissstoffen, Fetten und Kohlehydraten ein bestimmtes Gepräge hat, so liegen die Verhältnisse auch bei den verschiedenen Nahrungsmitteln

[1]) Skandinav. Arch. f. Physiol., Bd. XI, S. 84; *Eckholm* meint 0·1 N mehr in der Kost vermehrten die Wärmeproduction beim Manne um 4 Cal.

specifisch und eigenartig. Es ist daher nicht ohne Interesse, versuchsweise sich ein Bild zu machen, inwieweit die ungleiche Zusammensetzung der Nahrungsmittel eine Wirkung zu äussern in der Lage ist. Da wir die Eiweissstoffe der Nahrungsmittel überhaupt nur unvollständig kennen und deren specifische Wirkung ja nur nach dem Fleische beurtheilen, so können die nachfolgenden Zahlen nichts mehr als eine grobe Annäherung darstellen. Immerhin lassen sich einige nicht unwichtige Schlüsse daraus ableiten.

Wenn man annimmt, dass in der Muttermilch etwa

7·4% der Cal. auf Eiweiss, 43·9% auf Fett, 48·7% auf Zucker

und in der Kuhmilch

21·3% der Cal. auf Eiweiss, 49·8% auf Fett, 28·9% auf Zucker

kommen, so würde sich annähernd berechnen:

Für Muttermilch	7·4 × 0·309	=	2·29
	43·9 × 0·127	=	5·57
	48·7 × 0·058	=	2·82
		= +	10·68%.
Für Kuhmilch .	21·3 × 0·309	=	6·58
	49·8 × 0·127	=	6·32
	28·9 × 0·058	=	1·68
		= +	14·58%

Die Kuhmilch würde demnach nicht unerheblich mehr an überschüssiger Wärmeproduction geben als Muttermilch.

Der Gleichgewichtszustand würde bei Muttermich bei + 11·9%
„ Kuhmilch mit + 17·0%

erreicht werden gegenüber dem Hungerzustande = Erhaltungsdiät.

Lässt man auch hier in Analogie zur gemischten Kost einen Theil des Eiweiss von der Berechnung ausser Spiel, so würden die Differenzen werden:

Muttermilch = 8·5%
Kuhmilch . = 12·4%
und für den Gleichgewichtszustand = + 9·2
+ 15·0

die Vorzüge der Muttermilch also noch prägnanter.

Für die Kost des wachsenden Organismus aber liegen wichtige Unterschiede vor, welche eingehender berücksichtigt werden müssen.

Die Ansatzkost muss eine mehr oder minder reichliche sein, welche das Fütterungsminimum überschreitet.

Hier werden sich grosse Unterschiede zwischen verschiedenen Thierspecies ergeben müssen, je nach der Geschwindigkeit des Wachsthums, d. h. des in der Zeit eintretenden Massenwachsthums.

Das Kind wächst verhältnissmässig langsam und hat erst mit dem fünften Monate eine Verdoppelung seines Körpergewichtes erlangt; bei vielen Thieren ist die Entwickelung der Körpermasse eine viel raschere.

Der Ansatz kann nur erzielt werden, wenn ein erheblicher Nahrungsüberschuss vorhanden ist; für den Säugling beträgt in dem ersten Monat die tägliche Gewichtszunahme 25 bis 30 *g*, also bis zu 7% des Körpergewichtes und sinkt dann allerdings rasch, so dass Ende des Jahres der tägliche Gewichtszuwachs kaum 1% der Körpermasse ausmachen kann.[1])

Der grosse Anwuchs lässt sich selbstredend nur durch einen grossen Ueberschuss erzielen, der natürlich über die Masse des Angesetzten selbst erheblich hinausgehen muss.

Betrachten wir in erster Linie nur die Consequenzen, welche sich für den Energieverbrauch durch die Nahrungsüberschüsse ergeben, so kommt man zu Schlussfolgerungen, welche noch mehr als das schon Gesagte die Wichtigkeit einer zweckmässigen Composition der Nahrung erläutern.

Nehmen wir an, es werden demselben Kinde nacheinander statt 100 Cal. Hungerbedarf 150 Cal. als Kost gereicht, so würde, eine proportionale Wirkung der specifischen Wärmeerregung vorausgesetzt, wie mir zulässig erscheint,

bei Muttermilch die Wärmezunahme . . = 16%
„ Kuhmilch . . . . . = 21·8%

und das Gleichgewicht der Wärmebildung könnte erzielt werden

bei Muttermilch bei + 19% (= 119 Cal.)
„ Kuhmilch bei + 28% (rund = 128 Cal.).

Da aber 150 Cal. zur Verfügung stehen, so bleiben für Ansatz

bei Muttermilch rund 31 Cal.
„ Kuhmilch rund . 22 „

Es ist für die vorliegenden Betrachtungen gleichgiltig, ob man von den berechneten oder den corrigirten Werthen ausgeht, für letztere hätte man:

Wärmeumsatz im Gleichgewichte Muttermilch . . . 114
Kuhmilch 125

also Ansatzmöglichkeit (150 — 114) = 36
und (150 — 125) = 25

in beiden Fällen der Rechnung also bei Kuhmilch nur $^7/_{10}$ der Wirkung der Muttermilch.

Die dynamische Wirkung der Nahrungsstoffe äussert sich also in ganz besonders bedeutungsvollem Maasse bei der Ueberernährung und bei dem Ansatze. Die richtige qualitative Zusammensetzung der Kost kann also dabei von enormer Bedeutung werden, worauf ich bereits gemeinsam mit *Heubner*[2]) auf Grund meiner älteren Versuchsergebnisse seinerzeit hingewiesen habe, freilich sind wir erst jetzt in der Lage, diesen Einfluss der richtigen Bemessung der Eiweisszugabe in seinem vollen Umfang und quantitativ genau zu bemessen.

---

[1]) *Bouchard,* De la mort par inanition 1864. *Fleischmann,* Ueber Ernährung und Körperwägungen von Neugeborenen 1877.

[2]) Zeitschr. f. Biol., Bd. XXXVIII, S. 383.

Bestimmend für dieses Organwachsthum ist sicherlich nicht das Eiweissangebot im Ueberschusse. Das Wachsthum ist eine besondere Zellarbeit, eine Umbildung der morphologischen Elemente, eine Mehrung derselben oder ein Massenwachsthum, alles aber aus inneren, uns unbekannten Gründen und einem Zeitrhythmus folgend, der zwar schwankend, aber doch wieder engbegrenzt genannt werden kann.

Die natürliche Entwickelung bestimmt ihren Bedarf an Eiweiss, der an die bestimmten Wachsthumspunkte angelagert wird. Ein Mehr der Zufuhr ändert nichts an diesen Gesetzen, wenn sie auch ein zu Wenig hemmen kann.

Heubner und ich haben an einem Säugling beobachtet, mit welch' grosser Energie das wachsende Gewebe Eiweiss anzieht und festhält.

Bei Muttermilchkost, welche knapp als eine Erhaltungsdiät bezeichnet werden konnte, mit nur 0·996 N pro Tag, hat der Säugling doch noch 0·263 *g* N angesetzt und nur 0·733 N als Umsatz gehabt. Bei 352 Cal. täglicher Wärmebildung kommen auf das Eiweiss etwa 5·4%, was etwa dem Minimum des Eiweissverbrauches entspricht, den man sonst durch Kohlehydratbeigaben zu erzielen vermag. Es hat also den Anschein, als wenn in erster Linie jene Eiweissmenge gedeckt werden müsste, welche als „unvermeidlicher Verlust" tagtäglich zugrunde geht, und dass der Ueberschuss dann für den Anwuchs herangezogen wird. Letzterer ist also bei der specifischen Wärmebildung nur in geringem Maasse betheiligt, nur insofern, als mit seiner Aufnahme eine gewisse Verdauungsarbeit und Arbeit des Ansatzes zu leisten wäre. Wenn man den täglichen Anwuchs = 22 *g* in dieser Lebenszeit (9 Wochen) annimmt und pro 1 *kg* Anwuchs 29·1 *g* N setzt, so würde täglich 0·64 *g* N zum Ansatze gelangen können, was durch einen geringen Ueberschuss der Muttermilch über die Erhaltungsdiät möglich ist (Umsatz = 0·733 + 0·64 Ansatz = 1·37 *g* N).

Die Zufuhr brachte bei Erhaltungsdiät nur 1·0 an N, eine Steigerung der Nahrungszufuhr um 40% hätte also, was den N anlangt, zum normalen Anwuchs hingereicht und gewiss darüber hinaus auch für den Fettansatz gesorgt.

In dritter Linie würde das angeführte Nahrungseiweiss beim Säugling dieselbe Rolle spielen, wie sonst in der Ernährung und seine specifisch-dynamische Wirkung in vollem Umfange entfalten.

Die Wirkung des Eiweisses muss also beim Säugling auf complicirte Verhältnisse zurückgeführt werden, unter denen der Ansatz ein wesentliches Moment darstellt und den Umsatz bei gleicher Nahrungszufuhr wie bei einem Erwachsenen mindert.

Wenn sich also auch von vornherein die specifisch-dynamische Wirkung wegen des Ansatzes nicht ganz exact berechnen lässt, so gibt doch der Vergleich zwischen Kuhmilch und Muttermilch ein richtiges gegenseitiges Verhältniss, die absoluten Werthe dagegen werden etwas kleiner sein, und zwar schwankend mit der Wachsthumsperiode und zunehmend mit dem Alter.

Diesen Aenderungen im Eiweissansatze entsprechend wird offenbar die Muttermilch in ihrer Bereitung sorgfältig regulirt. Nach *Camerer* und *Söldner* enthält die Milch:[1])

	Eiweiss und unbekannte Stoffe	Fett	Laktose-anhydrit
8. bis 11. Tag	2·38	2·92	6·39
20. „ 40. „	1·79	4·04	6·36
70. „ 120. „	1·49	3·29	6·66
170. Tag und später	1·07	2·47	6·87

Der mütterliche Organismus bietet also fortschreitend weniger Eiweiss, offenbar im Zusammenhange mit den Anwuchsverschiedenheiten des Säuglings. Eine Regulation der N-freien Stoffe prägt sich in diesen Zahlen von *Camerer* und *Söldner* nicht aus. Man wird nicht leugnen, dass in diesem Verhältnisse unverkennbar wieder das Princip des ökonomischen Kraftverbrauches liegt, dem man so häufig in der Organisation begegnet.

Die Nahrungsüberschüsse, welche von einem Fleischfresser beim Wachsthum aufgenommen werden, sind ganz ungeheuer. Für den Hund z. B. hat *Rost*[2]) mehrere Fütterungsreihen mit Fleisch mitgetheilt, aus denen man sieht, dass diese Thiere mit rund 2260 Cal. pro 1 m^2 als Nahrungszufuhr rasch an Gewicht zunehmen.

Nach meinen Erfahrungen müssen wir annehmen, dass dabei der Nahrungs- zum Hungerbedarf, wie ich ihn für 33° festgestellt habe, wie 100 : 270 sich verhält. Trotz einer sehr erheblichen Zunahme der Wärmebildung würden diese Verhältnisse nach meinen Berechnungen auf Grund der vorstehenden Versuche es ermöglichen, einen Spannkraftansatz von 23% zu erzielen, während *Rost* aus den N-Analysen thatsächlich einen solchen von 25% gefunden hat (für die erste Zeit des Versuches).

An der Hand dieser Betrachtungen wird es möglich sein, auch die Eigenschaften des Körperwachsthums mit der Beschaffenheit der Milchsorten verschiedener Thiere ins richtige Licht zu setzen und deren Zusammensetzung zu verstehen.

Ich bin weit entfernt, durch diese Darlegungen die Probleme lösen zu wollen, nur zeigen möchte ich, wie in consequenter Verfolgung durch die von mir gefundenen Thatsachen vermuthlich eine Reihe praktisch ungemein bedeutungsvoller Fragen, die bisher nicht der Besprechung zugänglich waren, einer Klärung zugeführt werden können und eine Anregung geben, durch exacte eingehende Beobachtungen uns eine Basis zu schaffen für weitere Erkenntnisse der wichtigen Fragen des Stoffansatzes im jugendlichen Alter.

Betrachten wir noch zwei Volksnahrungsmittel, das Brot und die Kartoffel, von diesem Gesichtspunkte.

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. XXXIII, S. 546.

[2]) Arbeiten aus dem kaiserlichen Gesundheitsamte XVIII, 1901, S. 206.

In Brot aus ganzem Korn sei 11·6% Cal. an Eiweiss
2·6% „ „ Fett
85·8% „ „ Kohlehydrat.

Demnach

$$\begin{aligned} 11{\cdot}6 \times 0{\cdot}309 &= 3{\cdot}58 \\ 2{\cdot}6 \times 0{\cdot}127 &= 0{\cdot}33 \\ 85{\cdot}8 \times 0{\cdot}058 &= 4{\cdot}97 \\ \hline &+ 8{\cdot}88\% \end{aligned}$$

und in Kartoffel, da 7·6% Eiweiss, 1·6% Fett, 90·8% der Calorien Kohlehydrat

$$\begin{aligned} 7{\cdot}6 \times 0{\cdot}309 &= 2{\cdot}34 \\ 1{\cdot}6 \times 0{\cdot}127 &= 0{\cdot}19 \\ 90{\cdot}8 \times 0{\cdot}058 &= 5{\cdot}26 \\ \hline &+ 7{\cdot}79\% \end{aligned}$$

In dem einen Falle würde man mit + 9·6% an Wärmezuwachs, in dem zweiten mit 8·4% ins Gleichgewicht gelangen können. Sie geben also ungemein geringen Wärmezuwachs.

In beiden Fällen ist die Wirkung des Eiweisses zu gross ververanschlagt, da namentlich bei Kartoffeln die Eiweissmenge thatsächlich viel kleiner ist, als die üblichen Analysen angeben und selbst auf 50% der angenommenen Werthe sinken können.

Die corrigirten Werthe wären gleich für die specifische Zunahme bei

Brot . . . . . + 6·7
Kartoffel . . . . . + 5·6

und für das Gleichgewicht bei Brot + 7·1%
bei Kartoffel + 5·8%.

Es bedarf wohl nur des Hinweises, dass die Wahl von Nahrungsmitteln für die tägliche Ernährung auch noch die Frage zu erörtern hat, inwieweit ein Ersatz des N-Bestandes des Körpers ermöglicht würde. Welche Fragen dabei in Betracht gezogen werden müssen, habe ich ausführlich an anderer Stelle behandelt.[1])

Man sieht an den gewählten Beispielen, wie wichtig die Zusammensetzung der Kost nach ihren Nahrungsstoffen werden kann und wie das Eiweiss sich in den einzelnen Fällen, trotz seiner geringen Menge, doch im Gesammtresultate geltend machen wird und muss.

Die gemischte Kost des Menschen mit vorwiegenden Kohlehydraten ist also jene Beköstigungsform, bei welcher der überschüssige Energieaufwand sich innerhalb der geringsten Grösse bewegt.

Aus diesen Eigenschaften folgt von selbst, dass diese Beköstigungsweise zugleich die günstigsten Verhältnisse für die Möglichkeit und für einen langdauernden Fettansatz in sich birgt.

Die menschliche Kost hat nach unseren Untersuchungen das Eigenartige, dass sich die specifisch-dynamische Wirkung derselben in ungemein engen Grenzen bewegt, dass man für die Erhaltungsdiät im

[1]) *Leyden*'s Handbuch der Ernährungstherapie.

Allgemeinen sehr gleichmässige Verhältnisse anzunehmen berechtigt ist, und zwar in dem Maasse, dass die specifisch-dynamischen Wirkungen fast vollkommen eliminirt erscheinen und im Wesentlichen von einem einheitlichen Gesammtstoffwechsel, dem Hungerzustande gegenüber gesprochen werden kann.

Anders liegt die Sache für klinische Fälle, bei welchen man gegenöthigt ist, das Eiweiss in den Vordergrund treten zu lassen. Die specifisch wärmemehrende Wirkung des Eiweisses kann mitunter in hohem Maasse unwillkommen sein und muss aufs sorgsamste in ihren Consequenzen überlegt werden.

Mit den specifischen Wirkungen der Wärmesteigerung durch die Nahrungsstoffe stehen die Beobachtungen über die Nahrungswahl in tropischer und gemässigter Zone wohl im Einklang.

Ich habe an anderer Stelle[1]) nachgewiesen, dass die einzelnen Nahrungsstoffe in einer wichtigen Beziehung zum Wasserstoffwechsel stehen. Der Wasserbedarf des Menschen ist am kleinsten bei Genuss von Fetten und Kohlehydraten, am grössten bei Eiweissgenuss. Wie ich bereits auch erwähnte, sind für eine rationelle Wahl der Nahrungsmittel in den Tropen offenbar auch die thermischen Wirkungen der Nahrungsstoffe von grösster Bedeutung. Dies geht aus diesen Versuchen noch weit eclatanter hervor, als es meine früheren Experimente hatten vermuthen lassen.

Unter den Functionen, welche das Fleisch in der Nahrung erfüllt, sind zwei die wichtigsten. Es ist ein hervorragender Eiweissträger und zu gleicher Zeit eine Quelle für die Zufuhr von Fett. Das Fleisch hat aber, wie man schon längst erkannt hat und was man längst verwerthet hat, einen bedeutungsvollen Einfluss auf den Ablauf des Verdauungsprocesses. Die neueren Untersuchungen von *Pawlow* erst haben uns diese letztere Rolle voll erkennen lassen.

Die Natur hat die Möglichkeit gegeben, beide Functionen des Fleisches getrennt entstehen zu lassen, indem die Trennung in Extract und Fleischfaser durch den ersteren erlaubt, ohne Veränderungen der Energieverhältnisse die Wirkungen auf den Verdauungsapparat voll und ganz zum Ausdruck kommen zu lassen. Dies kann von ganz besonderem Werthe da sein, wo die Ausschaltung der specifischen Wärmewirkung zur Nothwendigkeit wird, wie z. B. bei hochwarmer Umgebung u. s. w. Darin liegt auch für die Krankenernährung die grosse Bedeutung der Fleischextractivstoffe; sie geben die Anregung zur Verdauung, ohne wie das Fleisch im Ganzen durch die specifisch-dynamische Wirkung lästig zu fallen.

Ungemein bedeutungsvoll gestalten sich die Beziehungen der specifischen Wärmebildung für das Wachsthum und den Ansatz, wie

---

[1]) Arch. f. Hyg., Bd. XXXVIII, S. 159.

wir im Einzelnen speciell für die Milchnahrung und den Säugling dargethan haben.

Durch meine Untersuchungen erscheinen die richtigen Nahrungsrelationen in einem neuen Lichte, und ihre sorgfältige Regulirung, wie sie die Milch der Säuger bietet, von allerhöchstem Interesse. Der überreiche Ueberschuss wird nicht zu einer das Wachsthum befördernden Wohlthat, sondern zu einem unnöthigen und unzweckmässigen Ballast.

Wir haben durch die vorliegenden Untersuchungen die uns gestellte Aufgabe gelöst, für die Berechnung des Energieverbrauches unter allen möglichen Lebensbedingungen eine Grundlage zu schaffen.

Ausgehend von den Untersuchungen betreffend die Ueberernährung, die abundante Kost, haben wir die specifisch-dynamischen Wirkungen der Nahrungsstoffe erkannt und durch die weitere Feststellung der Compensationswirkungen die wahre Grösse dieser Energieumsetzungen nachgewiesen.

Die specifisch-dynamischen Wirkungen ihrerseits können als der Ausdruck thermochemischer Umlagerungen oder als Zersetzungen mit directer Wärmebildung aufgefasst werden und das einzig dastehende Verhalten der N-haltigen Stoffe scheint neben diesen Vorgängen auf die Bildung von Kohlehydratgruppen als die Energieträger begründet zu sein.

Die Frage der Ernährung erweist sich, wenn man die vorliegende Darstellung übersieht, anscheinend als eine höchst complicirte, welche den verschiedenartigsten Umständen Rechnung zu tragen hat. Sie ist eben vielfältig und wechselvoll, wie das Leben selbst eine Ueberfülle von Bedingungen mannigfachster Art darstellt. Aber doch wieder einfach in ihren Grundzügen.

Aber diese Bedingungen sind bekannt oder für die meisten Fälle ohneweiters genügend festzustellen.

Wenn wir auch der ursächlichen Erkenntniss, worauf der Lebensvorgang selbst basirt, nicht direct uns nähern können, so dürfen wir wohl sagen, dass eine Basis, welche das Verständniss erleichtert, geschaffen worden ist. Für viele rein empirisch gewonnene Lehrsätze ist eine wissenschaftliche Grundlage gewonnen.

Nicht nur bezüglich der verschiedenen Stoffe, auch hinsichtlich der Energieformen, der Spannkraft und der Wärme habe ich nachgewiesen, dass ihre Verwerthung eine wechselnde ist.

Wir sehen den Kraftverbrauch in erster Linie von dem Regulationsmechanismus beherrscht, deren Grösse wir im Einzelnen zu bestimmen und festzustellen in der Lage sind, wir haben aber weiter gefunden, dass die Leistungen der einzelnen Stoffe in letzter Linie wieder Energieleistungen darstellen, die sich aber durch thermochemische Nebenprocesse und vor allem durch den wahren Nahrungsbedarf der Zellen an N-freien Kraftträgern eigenthümlich gestalten und nicht immer das Princip des minimalsten Kraftverbrauches wahren können.

Wir haben erkannt, wie sorgfältig im Allgemeinen der Organismus mit den Kräften schaltet und waltet, und dass er neben den Spann-

kräften, im Zustande der chemischen Regulation auch direct die Wärmebewegung noch für seine Verhältnisse nutzbar machen kann. Er nutzt die Wärme aus, indem er sich entweder sofort auf einen minderen Bedarf einstellt, aber auch in dem Sinne, dass alle Wärme, die innerlich entsteht und an sich nicht die Möglichkeit hätte, das Energiebedürfniss zu befriedigen, doch dem allgemeinen Zwecke nutzbar gemacht wird.

Wie aber haben wir jene Zustände aufzufassen, wenn ein Organismus wie der Mensch immer wieder, so weit es gelingt, der physikalischen Regulation zustrebt. Ist er damit weniger ökonomisch als das Thier, das chemische Regulation in grösserer Breite anzuwenden in der Lage ist? Gewiss nicht, denn die physikalische Regulation stellt ja das Minimum des Kraftverbrauches dar, welches möglich ist, und es würden gar keine weiteren Vortheile damit gewonnen, wenn wir durch Sitte und Gewohnheit gegen abkühlende Verhältnisse abgehärtet, uns diesen härteren Lebensbedingungen unterwerfen wollten.

Möglicherweise spielen bei diesem Unterschiede im Thierreiche, was wir ja zur Zeit noch gar nicht vollkommen übersehen, die Güte und die Mittel der physikalischen Regulation eine wichtige Rolle. Vermag doch der Mensch in umfangreichem Maasse sich dieser ohne allen die Athmung belästigenden Zwang, wie wir ihn bei vielen Thieren sehen, zu bedienen.

Die Scheidung der Ernährungslehre und der Lehre von der Wärmebildung im Stoffwechsel, welche noch viele durchführen wollen, halte ich für ganz unmöglich; sie könnte nur zum Schaden des ganzen Verständnisses der Lebensvorgänge ausschlagen. Beide Gebiete müssen eng verbunden bleiben und stützen sich gegenseitig, und erklären die Processe. Gesetze, die sich für jeden einzelnen Nahrungsstoff für sich durchführen liessen, gibt es nicht, die Rolle der Einen wird immer durch die Functionen der Anderen mitbedingt.

Die Erklärung der Rolle der einzelnen Nahrungsmittel kann nicht aus rein chemischen Vorgängen gegeben werden, obschon diese Vorgänge eine so ungemein bedeutungsvolle Rolle für die Erklärung des allmählichen Abbaues der Nahrungsstoffe noch erbringen werden; die Gesetze der Ernährung und die Rolle der Nahrungsstoffe lassen sich nur aus den biologischen Vorgängen verstehen.

Der ganze Körper und sein eigenartiges Verhalten unter verschiedenen Umständen tritt mit seinen eigenartigen complicirten Einrichtungen als die Ursache uns entgegen, welche den Umsatz regelt. Wie man diese complicirten Verhältnisse zu zergliedern hat, um nach dem heutigen Stande der Erkenntniss zu einem Verständniss der Umsetzungen zu gelangen, habe ich in dem Vorstehenden zu schildern gesucht.

Die Verhältnisse der Wärmebildung erlauben uns auch die eigenartigen Vorgänge bei der Eiweisszersetzung einer besseren Erklärung zugänglich zu machen.

Die Gesetze des Eiweissverbrauches erschienen bisher den meisten Autoren als besonders eigenartige, welche nur für sich einem Studium zugänglich sein sollten.

Ich glaube gezeigt zu haben, dass die wesentlichen Vorgänge des Eiweissstoffwechsels keineswegs ausserhalb der energetischen Betrachtungen stehen, im Gegentheile durch consequente Verfolgung derselben unserem Verständnisse näher gerückt werden.

Die chemischen Räthsel des Stoffwechsels liegen meines Erachtens, und wie ich, um Missverständnisse zu beseitigen, nur wiederholen kann, nicht in den Eigenthümlichkeiten der Energiebilanzen, mit denen ich mich beschäftige, sondern in dem Abbau, der in kürzerem Zeitraume in den Zellen erfolgt, vielleicht im Wege der Arbeitstheilung.

Auch bezüglich der Art des Abbaues der N-haltigen Stoffe haben wir festere Anschauungen gewonnen, deren weitere Erkenntniss freilich durch das Studium des Energieumsatzes nicht allein gefördert werden kann, für welche wir vielmehr aus den so erfolgreichen Arbeiten der Eiweisschemie der letzten Jahrzehnte die Hoffnung einer völligen Aufklärung schöpfen dürfen.

WELLCOME
LIBRARY
INSTITUTE